

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Arquitetura de um Sistema de Apoio à Decisão de suporte à Cadeia de Abastecimento de Biomassa

João Filipe Barrocas de Oliveira

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: António Manuel Lucas Soares

Co-orientador: Alexandra Sofia da Fonseca Marques

20 de Julho de 2018

Resumo

A utilização de materiais biológicos tais como resíduos agrícolas ou florestais para a produção de energia tem aumentado consideravelmente. Contudo, as características deste tipo de materiais são complexas e incertas de produto para produto. Deste modo, o planeamento de operações de logística, nomeadamente de colheita, transporte e armazenamento, torna-se complexo e dispendioso. O planeamento deve ser realizado com o foco colocado numa utilização sustentável e eficiente dos produtos, de maneira a rentabilizar as operações que o definem. Apesar de o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão ser desafiante, complexo e criterioso, a sua implementação traduz-se num vasto leque de vantagens para os utilizadores, de forma a que o processo de planeamento possa ser facilitado.

Assim, esta dissertação propõe o desenvolvimento de uma arquitetura de um sistema de apoio à decisão para o planeamento de operações logísticas no setor da biomassa e a sua respetiva especificação. A arquitetura do sistema foi desenvolvida tendo em conta os potenciais utilizadores do sistema, as suas funções e requisitos, assim como a interação entre os atores do sistema ao nível dos processos de planeamento logístico. Para esse efeito, foram adotadas metodologias de conceção de sistemas alinhadas com as boas práticas na literatura, nomeadamente a linguagem UML. A integração dos diferentes módulos do sistema foi também definida, e foram delineadas interfaces gráficas de utilizador para o sistema em si, clarificando alguns aspetos na sua integração com a restante arquitetura do sistema.

O trabalho foi aplicado num caso de estudo de recolha, transporte e entrega de biomassa a centrais de produção de energia, desenvolvido no âmbito do projeto BIOTECFOR.

Abstract

The use of biological materials such as agricultural or forestry waste for energy production has increased considerably. However, the characteristics of this type of material are complex and uncertain from product to product. In this way, the planning of logistics operations, namely harvesting, transportation and storage, becomes complex and expensive. Planning should be carried out with the focus placed on a sustainable and efficient use of the products, so as to make the operations that define it profitable. Although the development of decision support systems is challenging, complex and judicious, its implementation translates into a wide range of benefits for users, so that the planning process can be facilitated.

Thus, this dissertation proposes the development of an architecture of a decision support system for the planning of logistics operations in the biomass sector and their respective specification. The system architecture was developed taking into account the potential users of the system, their functions and requirements, as well as the interaction among system actors in the logistics planning processes. For this purpose, methodologies for designing systems aligned with good practices in the literature, namely the UML language, were adopted. The integration of the different system modules was also defined, and graphical user interfaces were delineated for the system itself, clarifying some aspects in its integration with the rest of the system architecture.

The work was applied in a case study of collection, transportation and delivery and biomass to power plants, developed under the BIOTECFOR project.

Agradecimentos

A dissertação de mestrado agora apresentada foi fruto de um longo trajeto caracterizado pela imprevisibilidade das suas condições. Por este motivo, a dissertação não poderia ser concluída sem o precioso apoio de várias pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que esta chegasse a bom porto. Assim, demonstro a minha enorme gratidão a todos os que contribuíram para que as dificuldades surgidas neste trajeto fossem apenas obstáculos ultrapassáveis.

Em primeiro lugar agradeço ao INESC TEC a possibilidade de usufruir das suas excelentes condições na realização da dissertação. A possibilidade de conviver com pessoas a trabalhar nesta área foi uma contribuição enorme para a definição de ideias e conceitos profissionais.

Agradeço aos meus orientadores, Sr. Professor Doutor António Lucas Soares e Sr^a. Professora Doutora Alexandra Marques pelas indicações e por clarear o percurso realizado através das suas dicas fruto do seu vasto saber e sentido pedagógico.

Gostaria de destacar o papel desempenhado pela Sr^a Professora Doutora Alexandra e ao Engenheiro Ricardo Soares pois durante este trajeto contribuíram imenso para minha evolução profissional e pessoal. Foi muito benéfico ter contado com o apoio destas pessoas caracterizadas pelos seus conhecimentos, pragmatismo, a capacidade de transmissão de conhecimentos, o seu rigor profissional e os seus bons princípios, nunca deixando de parte a componente humana. A estes, o meu obrigado por tudo o que me foi transmitido e pelo seu tempo cedido ao apoio dado à realização da dissertação.

Agradeço aos meus amigos cuja sua amizade foi uma presença constante neste trajeto, mostrando sempre o seu apoio e consideração. Um agradecimento especial ao Pedro Videira, André Almeida, João Lomba, João Madureira, Rodrigo Viana, Diogo Soares, Diogo Guia, Lino Parente, Maria Lages e à Inês Brás por, incondicionalmente permanecerem ao meu lado, nos bons momentos e fazendo-se notar ainda mais a sua presença nos piores.

Agradeço à Mariana Joanes todo o seu apoio demonstrado não só nesta fase como durante a maior parte do curso. Agradecido pela sua ajuda, confiança e muita motivação sempre visíveis neste percurso.

Ao meu irmão e minha avó Maria por todo o carinho e por toda a confiança nas minhas capacidades. Estou muito agradecido por acompanharem de braço dado comigo todas as etapas da minha vida e por serem um exemplo a nível profissional e pessoal.

Mais que um agradecimento, todo o trabalho e esforço realizado durante a minha formação académica é dedicado com sentimento especial à Miquelina Baptista. Sei que esta pessoa especial sentiria o maior orgulho em ler esta dissertação e em ver me alcançar esta etapa magistral da minha vida. A ela só posso estar grato pela sua presença na minha vida e por demonstrar que o conhecimento, formação académica e pessoal são componentes cruciais na constituição de uma pessoa. Por todo o seu carinho e amor dado ao longo da sua bela idade e por tudo o que significa na minha vida.

Por fim, mas sem nunca esquecer deixo um especial agradecimento aos meus pais, meu porto de abrigo. Sei que não haveria nesta dissertação, palavras suficientes que pudessem demonstrar

a minha gratidão para com eles. Obrigado por estarem incondicionalmente a meu lado, por acreditarem sempre em mim, por todos os valores que me transmitiram e acima de tudo por todas as oportunidades que me proporcionaram. A eles, que tudo fizeram para me proporcionar esta educação deixo um obrigado quantificado com o tamanho do sentimento mais puro que existe.

João Barrocas de Oliveira

“Intelligence is the ability to adapt to change”

Stephen Hawking

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Caracterização do Problema	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	Sistemas de Apoio à Decisão	5
2.2	Arquitetura de Informação para Sistemas de Apoio à Decisão: Estado da Arte . .	7
2.2.1	Sistemas de Apoio à Decisão: cadeias de abastecimento de base florestal	11
3	Metodologia	15
4	Arquitetura Sistemas de Informação - Planeamento logístico da biomassa florestal	19
4.1	Arquitetura de Processos	19
4.2	Arquitetura de Informação	21
4.3	Arquitetura de Aplicações e de Integração	25
4.4	Arquitetura Tecnológica	30
5	Especificação de Interfaces Gráficas de Utilizador	33
5.1	Casos de Utilização	33
5.2	Diagramas de Navegação	35
5.3	<i>Mockups</i>	38
6	Aplicação ao Caso de Estudo	41
6.1	Cliente	42
6.2	Distribuidor	42
6.3	Planeador	44
7	Conclusões	47
7.1	Perspetiva Geral	47
7.2	Perspetiva de Trabalho Futuro	48
A	Diagrama de Processos	49
B	Diagrama Relação de Entidades	51
C	<i>Mockups</i>	53

D Interfaces	59
D.1 Cliente	60
D.2 Distribuidor	62
D.3 Planeador	64
Referências	65

Lista de Figuras

2.1	Arquitetura geral de um SAD correspondente à cadeia de abastecimento de biomassa	6
2.2	Visão geral da Arquitetura Proposta pelos autores do caso de estudo [1]	8
2.3	Fluxo de trabalho do Bioscope [2]	10
2.4	Diagrama de Integração de Interface web, <i>middleware e cyberinfrastructure</i> [2] .	10
2.5	Visão Geral da Arquitetura Proposta em [3]	13
3.1	Etapas que constituem a metodologia considerada	15
3.2	Visão geral da arquitetura proposta nesta dissertação	16
4.1	Diagrama de Processos - Primeira parte	20
4.2	Diagrama de Processos - Segunda parte	21
4.3	Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Pedido	22
4.4	Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Recursos	23
4.5	Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Plano	24
4.6	Diagrama de Integração	25
4.7	Diagrama Arquitetura de Aplicações	28
4.8	Desenvolvimento de interfaces web - Combinação de tecnologias	30
5.1	<i>Use Cases Diagram</i>	34
5.2	Diagrama Navegação de Páginas - Cliente	36
5.3	Diagrama Navegação de Páginas - Distribuidor	37
5.4	Diagrama Navegação de Páginas - Planeador	38
6.1	Tabela de submissão de veículos - Interface do distribuidor	43
6.2	Tabela de submissão de dados relativos à biomassa - Interface do planeador . . .	44
A.1	Swimlane - Processos dos Intervenientes	50
B.1	Diagrama de Relação de Entidades	51
C.1	<i>Mockup</i> Cliente - Criar OFerta	53
C.2	<i>Mockup</i> Cliente - Centros de Consumo	54
C.3	<i>Mockup</i> Cliente - Pedido de Planeamento.	54
C.4	<i>Mockup</i> comum a Cliente e Distribuidor - Lista de Pedidos	55
C.5	<i>Mockup</i> Distribuidor - Lista de Recursos pertencentes ao distribuidor	55
C.6	<i>Mockup</i> Distribuidor - Lista de Recursos disponíveis para data pretendida	55
C.7	<i>Mockup</i> Distribuidor - Formulário correspondente à adição de veículo.	56
C.8	<i>Mockup</i> Distribuidor - Recursos	56
C.9	<i>Mockup</i> planeador - Interface de planeamento	57

C.10	<i>Mockup</i> planeador - Visualização de resultados	57
D.1	Interface destinada ao Cliente - Lista de planos	60
D.2	Interface destinada ao Cliente - Submissão de Pontos de Oferta.	60
D.3	Interface destinada ao Cliente - Submissão de Centros de Consumo	61
D.4	Interface destinada ao Cliente - Pedido	61
D.5	Interface destinada ao Distribuidor - Submissão de informação relativa aos recursos	62
D.6	Interface destinada ao Distribuidor - Submissão dos recursos disponíveis para o planeamento.	62
D.7	Interface destinada ao Distribuidor - Formulário de adicionar veículo a frota . . .	63
D.8	Interface destinada ao Distribuidor - Visualização dos recursos que constituem a frota do distribuidor.	63
D.9	Interface destinada ao Planeador- Criação de Plano	64

Lista de Tabelas

4.1	Denominação das siglas da figura 4.6	27
5.1	Tabela descrição dos casos de utilização por parte dos atores	35

Abreviaturas e Símbolos

SAD	Sistema de Apoio à Decisão
GUI	Interface Gráfica de Utilizador
API	<i>Application Programming Interface</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
BSON	<i>Binary JavaScript Object Notation</i>
GIS	<i>Geographical Information System</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
BD	Base de Dados
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
AJAX	<i>Asynchronous Javascript and XML</i>
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto

Nos presentes dias, é notável que o modo de viver do Homem é totalmente dependente e sustentado pela produção e respetivo consumo de energia elétrica. Como consequência ao aumento deste consumo elétrico têm sido tomadas medidas e definidas políticas com o objetivo de proteger o meio ambiente. Assim sendo, a utilização de energias renováveis torna-se crucial e o aumento da produção da mesma tem sido uma das prioridades na maioria das organizações governamentais.

Biocombustível representa uma das fontes de energia mais importantes, uma vez que possibilitam a redução de gases de efeito de estufa, além de aumentar a independência energética e fomentar a economia rural [2]. Neste caso, o biocombustível é proveniente da biomassa ou seja, pode ser produzido através de resíduos agrícolas, florestais, pecuários e, não tão usual como as restantes, através de desperdícios municipais [4]. Uma das características e vantagens do uso da biomassa é o facto da sua matéria prima ser reproduzível e distribuída. No entanto, a sua exploração deve ser feita de um modo sustentável de forma a preservar os recursos naturais, sem por em causa as colheitas de biomassa florestal para as gerações futuras [5].

À medida que a sociedade se tem apercebido da importância da biomassa como fonte de energia, têm sido feitos estudos com o intuito de planear e definir uma cadeia de abastecimento para o transporte da mesma. Como dito anteriormente, este material está geograficamente distribuído e temporariamente disponível, o que faz com que seja bastante relevante encontrar uma solução eficaz, capaz de planear a sua produção, armazenamento e transporte para as respetivas instalações de consumo de modo sustentável [6].

1.2 Caracterização do Problema

O aumento da produção de energia proveniente desta fonte natural faz com que seja necessário o desenvolvimento de ferramentas de apoio à gestão da rede e planeamento das operações de recolha, transporte e respetiva entrega de biomassa. Com o objetivo de facilitar a recolha de dados

entre os vários intervenientes do sistema, a análise e interpretação das operações que o caracterizam, é dada prioridade ao desenvolvimento e implementação de arquiteturas de vários níveis, proporcionando uma utilização da aplicação por parte dos vários intervenientes. Durante a definição da arquitetura deste tipo de sistemas é dada uma elevada importância ao desenvolvimento *front-end*, isto é, ao desenvolvimento de interfaces de utilizador para que a sua utilização possa ser intuitiva de modo a facilitar a interação deste com o modelo de otimização, existindo a possibilidade de estar integrado um mapa que permita uma visão geográfica da área pretendida para o apoio à realização de qualquer tipo de operação. Contudo, a visualização de dados neste tipo de sistemas é um desafio, uma vez que podem surgir dificuldades no âmbito de apresentar toda a informação desejada e destinada aos vários tipos de utilizadores e responsáveis para que seja tomada uma decisão baseada nos dados que lhe são mostrados. Estes sistemas devem permitir a utilização simultânea da aplicação por múltiplos utilizadores e preencher os requisitos computacionais e visuais capazes de facilitar o trabalho dos utilizadores nas decisões a ser tomadas. Espera-se que a acessibilidade e o desempenho do modelo, bem como a visualização de resultados sejam fatores chave para aplicações de suporte à decisão de um ou mais agentes de decisão [2].

1.3 Objetivos

A presente dissertação deve expressar o desenvolvimento e especificação da arquitetura do SAD e uma das componentes fundamentais que integra a mesma.

A primeira etapa deve ser dedicada à especificação e desenvolvimento da arquitetura de sistemas de informação para o planeamento da logística da biomassa florestal. Esta deve ser descrita com o auxílio de diagramas que permitam a interpretação da sua constituição através da identificação dos componentes apresentados e descritos nos diagramas que correspondem à representação de diferentes dados.

É benéfico para a caracterização do sistema que sejam descritos todos os outros componentes da arquitetura que, embora não estejam à vista do utilizador, permitam a troca dos dados associados a todo este planeamento.

O segundo ponto a atingir na mesma é a especificação detalhada de interfaces gráficas de utilizadores que cumpram os requisitos definidos e permitam aos utilizadores realizar certas funcionalidades:

- Introdução de informações relativas ao problema de abastecimento da cadeia de biomassa que possam alimentar os sistemas de modelação;
- Possibilidade de análise de resultados, especificamente, por parte de cada utilizador.

Por outras palavras, o objetivo desta dissertação é especificar e desenvolver uma arquitetura de um SAD que integre o modelo de otimização já desenvolvido e descrito no caso de estudo [4] com as interfaces desenvolvidas.

Assim, é necessário que todo este processo seja realizado com a intenção de proporcionar ao utilizador um sistema caracterizado pelo seu design apelativo e funcionalidades que permitam uma

utilização intuitiva, melhorando a acessibilidade, fluxo de informação, a compreensão das relações e por fim análise dos resultados obtidos.

1.4 Estrutura da Dissertação

O segmento introdutório está destinado à contextualização do tema, descrevendo os seus objetivos. No capítulo 2, são apresentadas algumas arquiteturas anteriormente desenvolvidas e alguns métodos utilizados para esse efeito apresentados como trabalhos relacionados com o que é pretendido para esta dissertação. No capítulo 3, são descritas as metodologias utilizadas para a definição da arquitetura do sistema, apresentada no capítulo 4. No capítulo 5 é descrito o desenvolvimento técnico e aplicativo do sistema através da interpretação da implementação realizada. O capítulo 6 é destinado à apresentação e discussão dos resultados, ou seja, é explicada como pode ser efetuada a interação dos utilizadores quando é pretendido elaborar um plano. O capítulo 7 é destinado à reflexão acerca de todo o desenvolvimento do trabalho e perspectivas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Sistemas de Apoio à Decisão

Inicialmente, os sistemas de apoio à decisão designados por sistemas de primeira geração, eram tipicamente codificados e concebidos para resolver problemas relativamente limitados e bem definidos. O facto de estes serem aplicados especificamente a cada tipo de planeamento resultou numa elevada variedade de sistemas a ser aplicados nos diferentes campos.

Estes sistemas são ferramentas populares entre os investigadores e planeadores logísticos devido às suas potencialidade no auxílio à gestão de operações, influenciada pelo conhecimento adquirido através da ciência [7].

Usualmente, estes são caracterizados por conterem um modelo matemático constituído por um conjunto de diferentes tipos de variáveis e restrições responsáveis pela otimização da função objetivo definida para o efeito desejado. No contexto da gestão florestal, o planeamento de operações logísticas pode ser desafiante e extenso devido às complexidades associadas ao nível tático e operacional [8]. Esta complexidade deve-se à necessidade de planear o transporte, armazenamento e processamento dos diferentes tipos de produtos que constituem a biomassa, tendo em conta os requisitos associados a cada tipo deste produto e considerando a dependência da disponibilidade dos equipamentos e meios a ser utilizados. O facto de existirem restrições nos veículos que possibilitam estas operações, nomeadamente, no tamanho e no tipo de utilização associado a cada tipo de material e a cada tipo de local, aumenta ainda mais a complexidade do planeamento logístico deste tipo de operações. Assim, o resultado é uma rede de transportes que envolve vários tipos de produtos, pontos de recolha e entrega e uma frota de veículos restringida ao tipo de produtos, localização e funções a desempenhar na rede [8]. Neste âmbito, foram desenvolvidos modelos de otimização com o objetivo de reduzir os custos associados ao planeamento logístico destas operações.

A rápida evolução das tecnologias de hardware e software permitiu concretizar o desenvolvimento de sistemas mais generalizados capazes de permitir a interação com diferentes utilizadores de modo a facilitar a comunicação entre os mesmos e a seleção dos dados que caracterizam este problema.

A tendência da utilização de tecnologias atuais na implementação dos SAD foi motivada pela necessidade de abordar a complexidade de questões ao nível da gestão no âmbito florestal, por parte de organizações e entidades dedicadas a este campo [9]. Anos após o aumento do desenvolvimento deste tipo de sistemas, é apresentada em [10] uma interpretação da arquitetura geral correspondente a um sistema de apoio à decisão destinado a ser aplicado ao ramo de abastecimento de biomassa em cadeia. Na figura 2.1 é possível visualizar que a arquitetura geral referida é formada pela combinação de três módulos designados por:

- Módulo base de dados
- Módulo *query*
- Módulo decisão

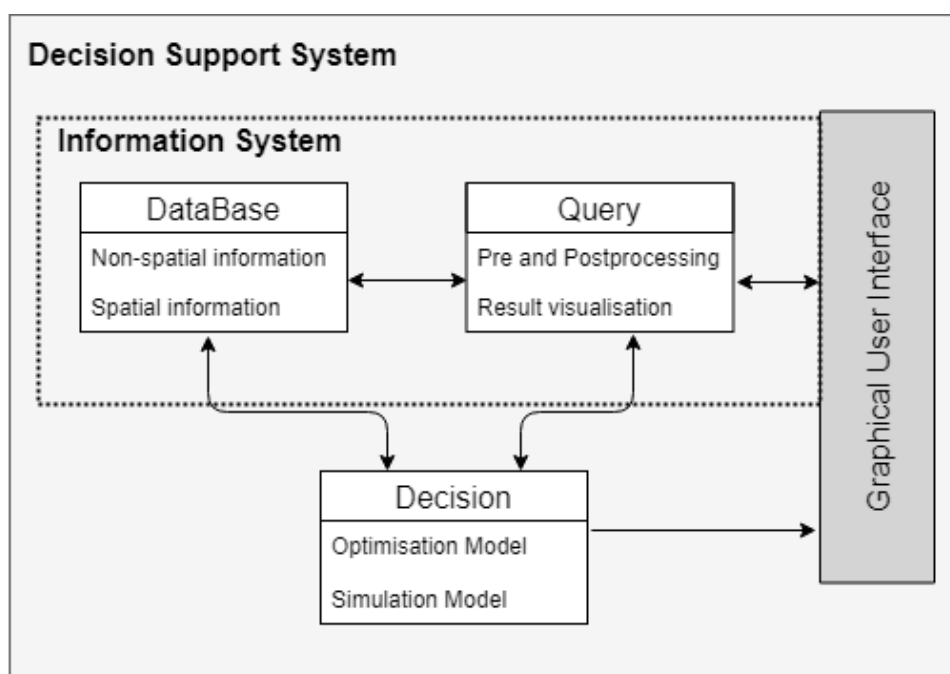


Figura 2.1: Arquitetura geral de um SAD correspondente à cadeia de abastecimento de biomassa

2.2 Arquitetura de Informação para Sistemas de Apoio à Decisão: Estado da Arte

O aumento da procura de sistemas integradores de ferramentas como interface de dados e de utilizador fez com que fossem desenvolvidas várias versões de software capazes de adotar dados, interação por parte dos utilizadores e o respetivo modelo de otimização. O facto de estes sistemas estarem sujeitos à utilização por várias entidades envolvidas e à troca de informação entre as mesmas teve como consequência o aumento da importância e do foco numa boa definição da arquitetura correspondente ao sistema a implementar [11].

Hoje em dia é possível obter os tipos de solução desejados combinando as tecnologias de software com as de comunicação e informação. Deste modo, a decomposição do software em módulos e componentes faz com que este seja mais fácil de se manter independentemente dos diferentes tipos de dados a mostrar nas interfaces, compartilhando a informação entre os aplicativos e reutilizando a mesma nos diferentes sistemas [12]. O ênfase do caso de estudo [11] foi colocado no modo de definição da arquitetura dos sistemas de apoio à decisão de gestão florestal (FMDSS – *Forest Management Decision Support System*), modelos e métodos de apoio à decisão utilizados, ferramentas de gestão de conhecimentos e casos de utilização associados a cada entidade interessada na gestão florestal [13]. Em [14] foi efetuado um estudo onde foram recolhidos e avaliados softwares de acordo com as respetivas funcionalidades, tipologias aplicadas e por fim, os elementos da respetiva arquitetura.

Um sistema deste tipo pode ser aplicado em vários âmbitos uma vez que é desenvolvido para sustentar a transferência de grandes conjuntos de dados e a utilização de um ou mais utilizadores a partir de diferentes interfaces.

Adotando a nomenclatura utilizada em [11], existem três tipos de relação entre o utilizador e o sistema:

- **Passiva** — não é promovida uma solução ou uma sugestão de solução explícita;
- **Ativa** — fornece e é apresentada uma solução ou sugestão para a mesma;
- **Cooperativa** — é promovida uma solução fruto de um processo iterativo entre o utilizador e o SAD.

Juntamente com a definição dos tipos de relações existentes no estudo referenciado é também descrita a orientação dos modos de assistência, sendo estes caracterizados:

- Pela comunicação, ou seja, podem suportar mais que uma pessoa a utilizar o sistema ao mesmo tempo;
- Pelos dados e documentos, isto é, é possível a manipulação de dados externos/internos e gerir, manipular e recuperar informação não estruturada;
- Pelo conhecimento, ou seja, pela resolução de problemas com base em factos, regras, procedimentos e semelhanças com outros casos;

- Pelo modelo, com acesso e manipulação de um modelo estatístico, financeiro, de simulação ou de otimização.

Estudos anteriores já foram realizados com o objetivo de implementar um SAD com características pretendidas semelhantes às descritas anteriormente neste capítulo, o que faz com que seja benéfica uma análise superficial ao trabalho que foi realizado com este propósito.

Apesar do sistema de apoio à decisão desenvolvido e descrito no caso de estudo [1] não ser destinado ao âmbito florestal, este apresenta aspetos a ter em consideração no desenho e desenvolvimento de um SAD de fácil utilização. Segundo os autores do artigo, foi definida uma arquitetura de quatro camadas, também podendo ser designada por uma arquitetura de quatro níveis capaz de proporcionar ao SAD o cumprimento dos requisitos, nomeadamente, disponibilidade, estabilidade, portabilidade e interatividade. A arquitetura desenvolvida está apresentada em forma de esquema na figura 2.2, onde é também possível verificar as camadas que a constituem.

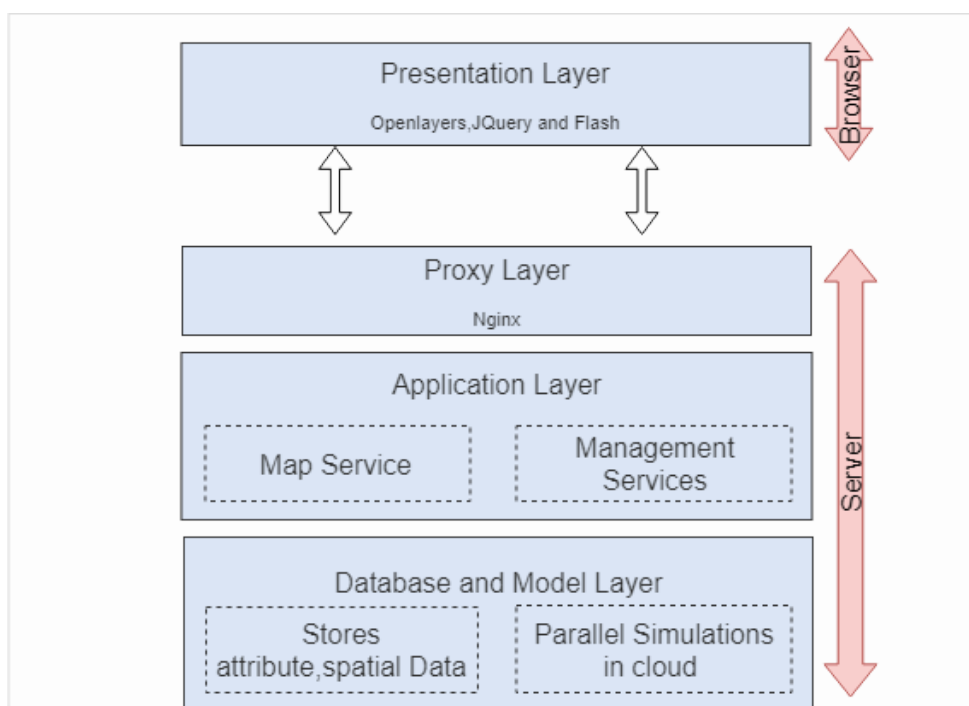


Figura 2.2: Visão geral da Arquitetura Proposta pelos autores do caso de estudo [1]

A camada de apresentação proporciona uma interface gráfica capaz de ser acessível pelo utilizador nos diferentes tipos de browsers e nos vários dispositivos, com a possibilidade de estar presente na mesma uma visão geográfica da área desejada para o serviço através de componentes de software disponíveis e gratuitos que proporcionam este efeito.

A camada designada pelos autores do artigo por *Proxy* é responsável pela comunicação entre o browser e o servidor. Esta comunicação é possível devido à configuração de uma fonte de *open-source*, *Nginx* que proporciona algumas funcionalidades que têm influência na performance e estabilidade do sistema.

A camada de aplicação que integra esta arquitetura é constituída por dois subcomponentes que adotam a arquitetura de serviços orientados, nomeadamente, a utilização de ferramentas que permitam utilizar o serviço de mapa e funcionalidades relacionadas diretamente com o propósito do sistema, isto é, identificação, planeamento e gestão dos processos que constituem o problema na área de incidência deste SAD.

A base de dados e o modelo do sistema estão alocados na camada mais inferior da arquitetura apresentada na figura. Na base de dados são guardados e geridos todos os dados associados ao problema, desde os dados geográficos, atributos até aos mapas a apresentar no navegador. Os dados geográficos são armazenados numa base de dados designada por PostgreSQL utilizando uma biblioteca de funções, PostGIS, que suporta e facilita o processo de armazenamento deste tipo de dados específico. Neste patamar inferior da arquitetura, o modelo de sistema, é o subcomponente chave de todo o SAD, pois é através de simulações paralelas ao funcionamento normal do sistema que possibilita a tomada de decisões em tempo quase real.

Quando se trata do desenvolvimento de um SAD, é vantajoso que este seja desenvolvido para que seja acessível a qualquer momento e em qualquer local através da simples utilização de um browser. Contudo, o desenvolvimento de uma arquitetura que sirva de base a um sistema que beneficie e privilegie as relações e fluxos de informação entre as várias entidades intervenientes torna-se um desafio devido ao aumento de considerações e dificuldade de implementação quando existe a necessidade de utilizar diferentes línguas de programação e de manter comunicação entre o servidor e as diferentes interfaces gráficas apresentadas nos diferentes motores de navegação.

No artigo [2] está descrito o desenvolvimento de um modelo de programação linear, isto é, a elaboração de um modelo matemático com o propósito de, mais uma vez, quantificar e otimizar a cadeia de abastecimento de diferentes tipos de colheitas de produtos que constituem a biomassa, situados em diferentes localizações e transportados por vários modos. A inclusão de ferramentas que permitam uma visão geográfica interativa no sistema de apoio à decisão na gestão do abastecimento, transporte e disponibilidade do material biológico em questão foi crucial visto que, deste modo, é possível obter uma visualização geográfica dos diferentes locais onde estão situadas as fontes deste material e das rotas a ser utilizadas no seu transporte para as instalações consideradas no serviço.

O primeiro passo para uma melhor abordagem no desenvolvimento da arquitetura para o sistema descrito no artigo anteriormente mencionado passou pela interpretação e pela construção de um diagrama que pudesse traduzir visualmente e de um modo bastante superficial o fluxo de atividades do modelo desenvolvido (figura 2.3), apresentando os passos mais importantes para alcançar uma solução.

Posteriormente, a análise do *workflow* desejado pelos intervenientes na implementação deste sistema levou a que, mais uma vez, os esforços fossem direcionados na transferência, processamento e visualização geográfica dos dados recolhidos. Tendo em conta os requisitos definidos e as limitações a ter em consideração, e como já referido anteriormente, a vantagem de estruturar dos componentes que integram o sistema total de modo a que este consiga suportar todas as funcionalidades necessárias para o funcionamento pretendido do sistema, está demonstrado um esquema

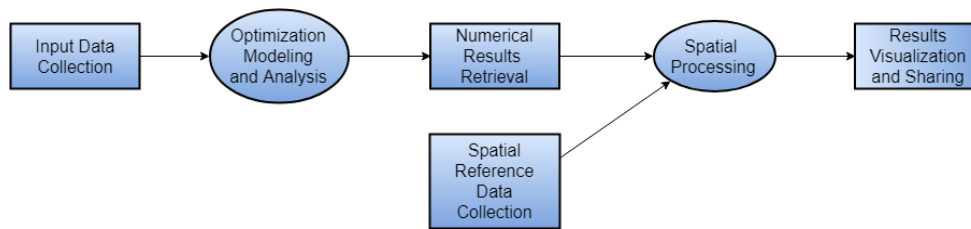


Figura 2.3: Fluxo de trabalho do Bioscope [2]

que ilustra a integração dos mesmos, visível na figura 2.4.

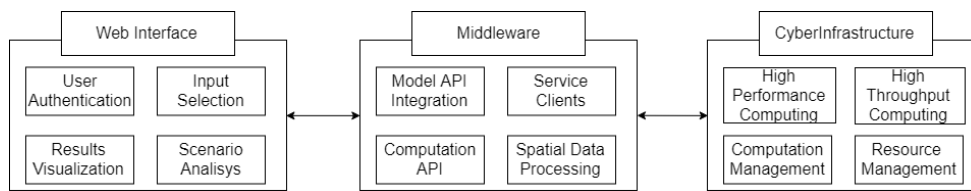


Figura 2.4: Diagrama de Integração de Interface web, *middleware* e *cyberinfrastructure* [2]

A interface web foi desenvolvida com o propósito de facilitar a gestão, a submissão de dados de entrada para o problema, verificação e atualização do serviço que está a ser realizado e por fim a visualização de resultados no mapa. A interface implementada com recurso à linguagem HTML e é caracterizada por permitir funcionalidades, como a, autenticação do utilizador, submissão dos dados de entrada e por fim a visualização de resultados e o respetivo teste de cenários a ser considerados numa tomada de decisão.

Uma camada intermediária entre o nível da interface web do utilizador e a camada designada pelos autores do artigo por “*CyberInfrastructure*”(CI) foi implementada de modo a gerir a complexidade de aceder e a cumprir os protocolos associados a *softwares standard*, utilizados na segurança e comunicação entre as mesmas [2]. É este o componente da arquitetura responsável pela gestão dos dados e funções que constituem as ações, isto é, existem APIs que permitem a aquisição de dados geográficos e o acesso destes à camada inferior para um processamento e manipulação posterior. A camada inferior que integra a arquitetura deste sistema é caracterizada pelo elevado nível computacional, pela alta performance no processamento de um elevado número de dados e por proporcionar uma elevada taxa de transferência dos mesmos, alocando simultaneamente os recursos computacionais necessários e disponíveis. É neste nível que corre o modelo matemático destinado à otimização da cadeia de abastecimento de biomassa desenvolvido e descrito em [2]. Por fim, este modo de construção arquitetónico permite aos programadores entenderem o trabalho a realizar no âmbito do desenvolvimento de um sistema que proporcione aos utilizadores uma fácil utilização, capaz de solucionar os problemas associados a este contexto sem que os mesmos tenham de reter conhecimentos das linguagens de programação ou do modelo de otimização que compõem o sistema, aumentando a responsabilidade e o foco na definição e dos dados de entrada para o problema.

2.2.1 Sistemas de Apoio à Decisão: cadeias de abastecimento de base florestal

No âmbito dos sistemas de apoio à decisão do planeamento e gestão tático e operacional de processos direcionados à cadeia de abastecimento de produtos de origem florestal foi desenvolvida uma arquitetura empresarial que traduz o sistema e todas as suas particularidades envolvidas. O artigo [3] explicita de uma forma bastante clara todos os passos que deram origem ao desenvolvimento desta arquitetura. Inicialmente, o foco foi direcionado na definição dos processos e na respetiva informação empresarial necessária para a definição da arquitetura de um sistema capaz de influenciar a decisão nas operações, tais como, a gestão de fornecimento e transporte deste tipo de material até à unidade industrial desejada. Com o propósito definido, foram realizadas várias sessões com a presença de responsáveis da organização empresarial com o intuito de definir os processos e validar todos os resultados das quatro fases que compõem a abordagem de arquitetura empresarial de acordo com orientações na abordagem Zachman Framework [15].

Numa primeira etapa e através de vários esquemas estruturais, os responsáveis comprometeram-se em caracterizar, definir atividades, o papel desempenhado pelas entidades e o consequente fluxo de dados entre as mesmas. A disposição e apresentação dos modelos de negócio e seus processos foi realizada no formato de esquemas e diagramas intuitivos, pois estes permitem uma boa interpretação no momento da sua análise, facilitando a discussão e alteração dos mesmos quando esta é necessária.

Na definição da arquitetura de informação, os especialistas nesta área, através de discussões originadas nos encontros, analisaram os fluxos de informação de entrada e saída entre os vários processos que integram o negócio. Durante estes encontros foi estabelecido que a cada entidade de informação deveria ser atribuído um responsável pela gestão e execução de várias operações tais como, aquisição, classificação, controlo de qualidade, apresentação, distribuição e análise, caracterizadas por um identificador, respetiva descrição e um conjunto de atributos [3].

A terceira etapa a realizar no processo de definição da arquitetura do sistema a implementar foi realizada para identificar as relações entre os processos definidos na primeira etapa e as entidades informacionais mencionadas anteriormente, bem como a definição clara dos requisitos associados à integração destes subsistemas. Para esse efeito, relações do tipo (Criar, Ler, Atualizar, Apagar) foram consideradas e expostas na construção de uma matriz manipulável com a finalidade de identificar os subsistemas a considerar. Neste âmbito, foram identificados sete subsistemas, segundo o artigo em questão, [3] estes são definidos e caracterizados como:

- *Forest Patrimony Management* – Responsável pela gestão de propriedades florestais, aquisições e de estradas florestais no contexto do problema.
- *Forest Planning* – Responsável pelo planeamento estratégico, tático e operacional controlando também a atualização de dados, eventos e registos históricos da floresta em questão.
- *Supply Management* – Apoia a avaliação dos intervenientes nas operações florestais com base nas informações fornecidas pelo acompanhamento das mesmas.

- *Work-orders Management*- Responsável pelo controlo da execução de ordens de trabalho orçamentadas como por exemplo, atividade de gestão de estradas e dos pedidos de transporte.
- *Wood Logistic* – Aborda o planeamento e o acompanhamento de transporte e armazenamento de madeira, ou seja, aborda o planeamento de atividades relacionadas com o estabelecimento de fluxos de transporte mensais entre a área florestal e a unidade industrial, bem como o agendamento diário dos camiões e das respetivas equipas.
- *Wood Reception* – Responsável pela gestão da quantidade e da qualidade de madeira que é recebida na unidade industrial.
- *Forest Inventory* – Responsável pelo planeamento de dados de inventário de material florestal.

Esta forma de estrutura independente, por módulos ou subsistemas, e a sua integridade funcional contribui para a eliminação de dados redundantes ao problema e para uma complexa sincronização de processos e fluxo de dados entre os mesmos.

Por fim, é na arquitetura tecnológica que estão todas as diretrizes de implementação e todos os requisitos tecnológicos e computacionais adequados ao desenvolvimento e implementação do futuro sistema. A definição desta arquitetura foi feita tendo em consideração todos os princípios e requisitos do sistema a implementar, nomeadamente, ao nível de rede, do servidor, base de dados, do uso de informação geográfica, *middleware*, módulo de otimização aplicado e ao nível da segurança que envolve todo o sistema. Segundo os autores do artigo analisado a implementação de um sistema de apoio à decisão deve ser feito tendo em conta os seguintes princípios [3]:

- Adoção de *Open-Source Standards*;
- Contabilização de possíveis expansões a nível de utilização e servidor;
- Utilização de uma rede capaz de detetar e resolver falhas;
- Manutenção e recolha de dados;
- Incluir redundância a servidores;
- Gestão central e integral de toda a infraestrutura da rede.

Todos os passos tomados pelos responsáveis foram estritamente importantes na definição da arquitetura do software, uma vez que é nesta que são descritos os componentes do sistema, as suas propriedades e ligações. É possível afirmar que o principal objetivo desta arquitetura ao nível do servidor do sistema foi envolver estações de trabalho dos utilizadores com servidores aplicativos, integrando os subsistemas correspondentes e as interfaces gráficas utilizadas para a partilha de informação específica às funções de cada utilizador num esquema arquitetónico composto por três camadas, semelhante ao representado na figura 2.5.

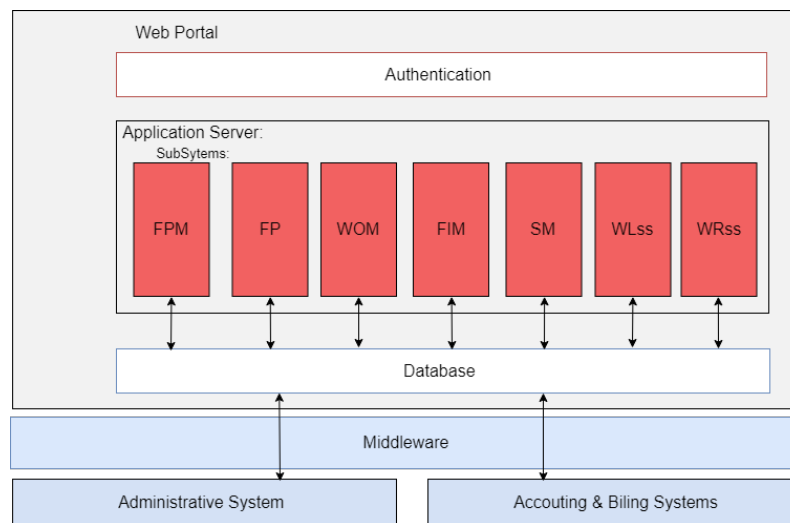


Figura 2.5: Visão Geral da Arquitetura Proposta em [3]

A integridade funcional e a independência da estrutura composta nestes módulos ou subsistemas contribuíram para a eliminação de dados redundantes e para a necessidade de uma complexa sincronização de processos e fluxo de dados entre os mesmos. Em modo de conclusão deste capítulo, todos os processos que são realizados na definição de uma arquitetura de um sistema de apoio à decisão contribuem com sucesso para uma conscienciosa abordagem das preocupações existentes com a integração da dimensão humana neste tipo de sistemas [3].

Capítulo 3

Metodologia

Quando se realizam projetos, independentemente do âmbito a que estes se direcionam, é importante que seja definida uma metodologia de trabalho que traduza, de um modo transparente, todos os passos a serem realizados para alcançar o objetivo pretendido. A definição da metodologia adotada é vantajosa, pois facilita a estruturação do pensamento e das ideias do principal interveniente no desenvolvimento do projeto e também para que outros intervenientes do projeto, ou até mesmo alheios a este, possam perceber a metodologia adotada no trabalho a desenvolver.

Nesta secção está descrita como foi efetuada a abordagem ao problema desde o início do trabalho até ao resultado, descrevendo os procedimentos efetuados e a perspetiva pessoal aplicada no contexto da presente dissertação. É de realçar a importância da adoção ou conceção de uma metodologia na estruturação de todos os passos a efetuar no rumo desejado, uma vez que para além de estruturar todo o trabalho a realizar pelo programador também proporciona ao leitor uma perspetiva interna do método de trabalho associado ao projeto.

A definição da estrutura proposta é motivada pela necessidade de apoiar o desenvolvimento, desde a conceção da ideia até à sua aplicação no contexto real [16]. Esta baseia-se na conceção de uma *framework* complementada com a aplicação de alguns métodos exercidos, anteriormente, em projetos semelhantes, considerados na revisão bibliográfica realizada e expostos no capítulo anterior. Sendo assim, é possível afirmar que a adoção da metodologia descrita é caracterizada pela fusão da metodologia utilizada pelos autores de [3] com a metodologia utilizada e descrita em [10].

Na figura 3.1, é apresentado um esquema que ilustra a sequência das etapas que constituem a metodologia adotada para este projeto.



Figura 3.1: Etapas que constituem a metodologia considerada

Investigação do Problema

Esta etapa é caracterizada pela primeira análise ao problema. Esta análise é realizada através de uma consulta a estudos que descrevem as técnicas já utilizadas e desenvolvidas na abordagem de problemas de teor semelhante ao desta dissertação. Assim, é feita uma abordagem ao nível da sua arquitetura com a intenção de obter uma visão geral de como será constituído o SAD aplicado ao contexto desta dissertação. Na figura 3.2 é possível verificar um diagrama que representa o resultado da análise efetuada.

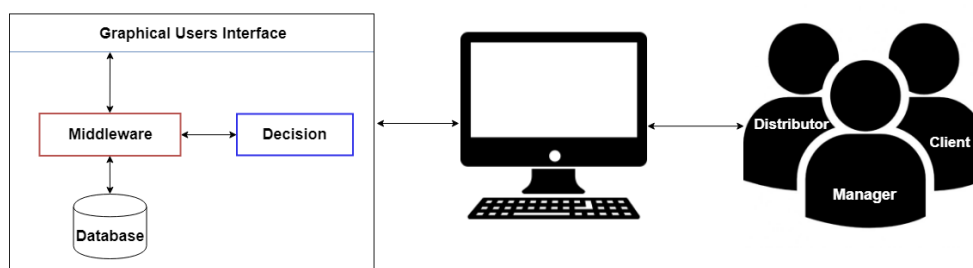


Figura 3.2: Visão geral da arquitetura proposta nesta dissertação

Arquitetura do Sistema

A segunda etapa é caracterizada pela realização de diagramas que traduzem e suportam o desenvolvimento da arquitetura do SAD. Esta etapa é crucial para obter uma perspetiva profunda de todos os componentes que envolvem e constituem este sistema.

O desenvolvimento da arquitetura do SAD em questão é efetuado com base na metodologia empresarial adotada pelos autores do artigo [3] referenciado no capítulo anterior. Assim, definir a arquitetura de processos em primeiro lugar torna-se uma prioridade, uma vez que nesta fase, o foco é direcionado na identificação dos processos que cada tipo de interveniente poderá realizar no SAD a desenvolver.

Os processos, a dependência entre eles e os fluxos de dados que proporcionam a sua realização são identificados num diagrama, designado por *swimlane*. Este elemento visual é utilizado para representar todas estas informações de um modo que associa as responsabilidades de cada interveniente à respetiva atividade apresentada.

Para este efeito, a definição da arquitetura de processos é caracterizada pela realização de reuniões com os elementos que desempenham funções no âmbito do desenvolvimento e melhoria da cadeia de abastecimento da biomassa. As reuniões realizadas de um modo interativo, isto é, com o levantamento e discussão de tópicos e requisitos, são relevantes para a construção do *swimlane* a construir.

A utilização de pequenos esboços e diagramas facilita o processo de discussão e a reorganização de ideias quando estas tendem a divergir do que é pretendido.

Concluindo, este método representa uma visão integrada de todos os processos em curso, aumentando o apoio dos decisores e de quem está responsável pelo desenvolvimento do pretendido [3].

Após a definição da arquitetura de processos, os processos e os fluxos são expressos em forma de entidades e tipo de relação entre as mesmas. Novamente, através de reuniões e da discussão dos dados de saída correspondentes aos processos representados, foi definida a arquitetura de informações.

A arquitetura de informações pode ser definida como um instrumento visual e intuitivo que facilita a identificação das entidades envolvidas, os seus respetivos atributos e as ligações que traduzem a dependência entre si. A representação desta arquitetura deve ser realizada de acordo com as boas práticas na literatura, ou seja, sobre o cumprimento das regras da linguagem UML.

Para o desenvolvimento da arquitetura de sistemas, é necessário efetuar a caracterização das aplicações e componentes que integram este sistema. Para esse efeito, esta etapa tem como função caracterizar esses mesmos componentes e a sua função no cumprimento dos requisitos funcionais desejados para o SAD. São realizados dois diagramas que representam visualmente a integração dos componentes que constituem o sistema e a estrutura hierarquizada dos mesmos.

Por fim, a arquitetura tecnológica define os requisitos tecnológicos necessários para a implementação do sistema. É possível afirmar que esta arquitetura permite a especificação de todos os requisitos tecnológicos associados aos métodos necessários para a implementação das interfaces gráficas de utilizador.

Especificação

Após a validação da proposta de arquitetura do sistema, isto é, após a aprovação da mesma por parte de todos os intervenientes no projeto segue-se a etapa de especificação das GUI. Esta etapa é constituída pelo desenvolvimento de:

- Diagrama de Casos de Uso, onde são explícitas as ações que os diferentes atores têm acesso na plataforma que lhes corresponde;
- Diagramas de Navegação, onde são apresentadas todas as opções de páginas web que cada tipo de utilizador terá acesso consoante o propósito pretendido.
- *Mockups*, isto é, primeiro esboço que combina as ações a serem implementadas com o aspeto visual desejado para a implementação.

Implementação

A etapa de implementação é destinada a todas as atividades que envolvem o desenvolvimento da solução ao nível da implementação do software correspondente à arquitetura desenvolvida, respeitando os requisitos definidos na especificação das interfaces. Os métodos correspondentes a esta etapa são ao nível técnico e direcionados à concretização das interfaces de utilizador e à integração das mesmas com o algoritmo de otimização anteriormente desenvolvido.

Análise de Implementação

Na última etapa está descrita a análise de tudo o que foi implementado no desenvolvimento deste SAD. Nesta etapa é realizada e expressa uma reflexão acerca de todos os processos realizados com o intuito de obter a solução desejada, expondo as dificuldades encontradas nos mesmos. Juntamente com os restantes elementos é verificado se foi efetuado o cumprimento dos requisitos propostos e todas as oportunidades de melhoria que possam ser consideradas na realização de um trabalho futuro, isto é, num possível trabalho de evolução do sistema implementado.

Capítulo 4

Arquitetura Sistemas de Informação - Planeamento logístico da biomassa florestal

4.1 Arquitetura de Processos

Normalmente, a modelação de processos a realizar pelos vários intervenientes no sistema é entendida por uma sequência de tarefas com início e fim bem definidos e executadas com o objetivo de produzir algo [17]. Neste caso, o propósito do fluxo de tarefas é produzir uma solução do problema que caracteriza uma situação de planeamento logístico do material biológico, biomassa.

Um diagrama do género ao apresentado no Anexo A é desenhado tendo em conta a importância na identificação, por parte de quem o está a interpretar, do evento *trigger*, isto é, o evento que inicia o fluxo de trabalho, uma interpretação explícita desse mesmo recurso e o resultado a alcançar no mesmo. Particularmente neste caso, o *trigger* que dá início ao fluxo de interações entre os intervenientes do sistema a desenvolver é alcançado pela respetiva autenticação destes na sua plataforma específica. A partir deste momento são estabelecidas ligações de partilha de informação que constituem o fluxo pretendido.

O fluxo de interações é caracterizado pelas possíveis atividades que os intervenientes podem desempenhar e pela identificação de ligações e ficheiros cruciais para alcançar o resultado pretendido, que adequado a este âmbito, é o planeamento logístico de uma operação solicitada por um cliente. No *swimlane* desenvolvido, é possível identificar a existência de três diferentes tipos de atores intervenientes no processo de planeamento operacional:

- **Cliente** – Responsável pela execução, edição e submissão do pedido de planeamento;
- **Distribuidor** – Responsável pelo fornecimento de informação correspondente aos seus recursos disponíveis em determinada data e pelo suporte ao serviço em questão no âmbito real.

- **Planeador** – É responsável pela criação de um plano logístico que com o auxílio do modelo de otimização, seja capaz de responder às necessidades do cliente com a utilização do melhor número de recursos possíveis disponibilizados pelo distribuidor.

Além destes, é também possível notar que foi reservado um espaço destinado ao modelo de otimização com o objetivo de demonstrar as atividades desempenhadas neste, de modo a simplificar a interpretação destas e clarificar o que é tratado neste campo.

É possível dividir este fluxo em duas fases, a de selecionar e submeter os dados de entrada (figura 4.1) e a de visualização, análise e validação dos resultados (figura 4.2).

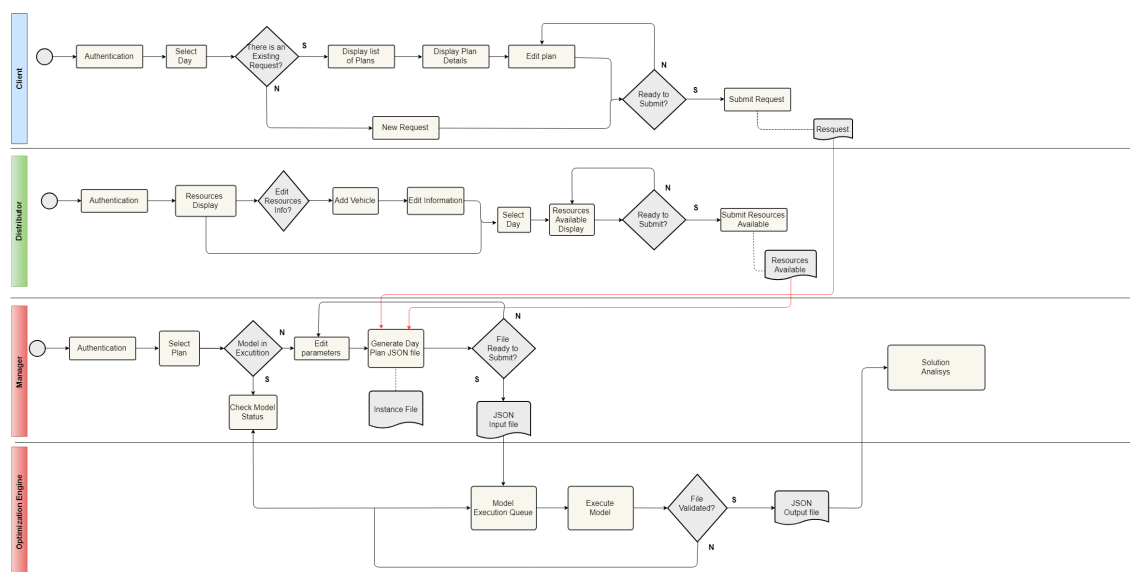


Figura 4.1: Diagrama de Processos - Primeira parte

Depois do cliente entrar no sistema, este consegue visualizar a lista de planos que lhe corresponde, verificando o estado do mesmo e com a possibilidade de consultar as características que o definem. Além de consultar a informação referente a planos ocorridos ou a decorrer, o cliente tem a opção de efetuar um novo pedido, numa interface destinada a esse propósito, onde é possível completar o pedido com as informações que o caracterizam. Por outro lado, o distribuidor entra no sistema e além de visualizar uma tabela correspondente aos seus planos, pode também editar a informação referente à sua frota de veículos, com a possibilidade de adicionar mais elementos a esta. Cabe ao distribuidor disponibilizar a informação acerca das frotas disponíveis nos dias em que existem pedidos. Na interface do planeador (identificado na figura como *manager*) existe a possibilidade de criar uma instância com base na informação anteriormente partilhada pelos restantes intervenientes e disponibilizada nessa mesma interface. Nesta interface e com auxílio de um mapa interativo o planeador cria o ficheiro que será entrada do modelo desenvolvido. Se existirem outros pedidos para o modelo, este poderá ficar em estado de espera. Dependendo do número de tarefas em fila, e pelo facto de o tempo de resolução depender largamente do tamanho do problema a resolver, a execução do modelo poderá ser bastante demorada.

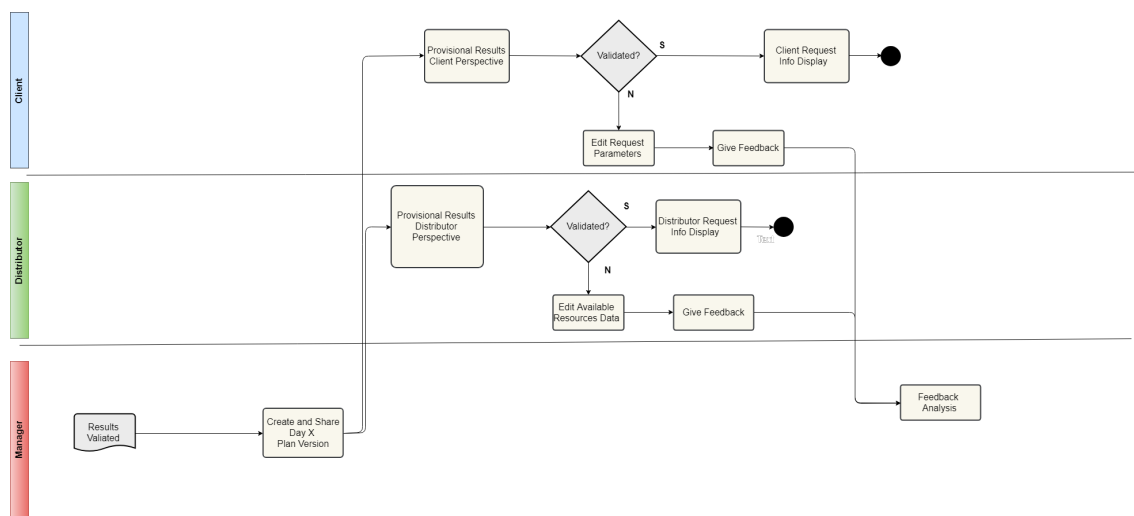


Figura 4.2: Diagrama de Processos - Segunda parte

O Planeador é responsável por analisar os ficheiros provenientes do modelo e terá de validar se estes estão em conformidade com a sua perspetiva e com as restrições estabelecidas para o planeamento. Passando esta fase, este cria e partilha com os restantes intervenientes o plano correspondente ao pedido efetuado. O cliente e o distribuidor têm a possibilidade de comentar sobre o plano se pretenderem ou então validá-lo se estiverem de acordo. A informação correspondente a cada plano criado é disponibilizada na tabela onde são apresentados todos os planos, disponível na interface de cada utilizador.

Este fluxograma foi desenvolvido com a intenção de servir como primeiro passo para o trabalho a realizar. Com a análise do mesmo, é possível identificar as atividades que constituem o processo geral e devido ao seu modo de apresentação é mais fácil, em conjunto com os orientadores, de realizar pequenas modificações neste fluxo de interações.

4.2 Arquitetura de Informação

O modelo entidade-relacionamento, também designado por diagrama entidade informacional é baseado na perceção do mundo real, na perceção do problema a que este está associado e consiste numa demonstração do conjunto de objetos designados por entidades e nos relacionamentos entre esses mesmos objetos/entidades. Por outras palavras, trata-se de um diagrama de fácil compreensão que representa os dados do sistema com a finalidade de facilitar o projeto dos dados relacionados com o problema, possibilitando especificar a estrutura geral dos dados correspondentes ao problema [18].

Uma entidade é uma representação abstrata de um objeto no mundo real. A cada entidade, representada no modelo por um retângulo, estão associados atributos correspondentes às suas propriedades. As relações conectam as entidades e estes devem ser efetuados especificamente dentro do contexto do software a desenvolver e do domínio a que é destinada a sua aplicação.

No desenvolvimento deste tipo de diagramas é necessário ter em conta a cardinalidade das relações, uma vez que estes indicam o número de instâncias de entidades que podem ser associadas entre si. Para análise do diagrama desenvolvido e aplicado no âmbito da dissertação é necessário ter em consideração alguns conhecimentos acerca dos tipos de relacionamentos entre as entidades definidas. A cardinalidade correspondente aos relacionamentos estabelecidos no diagrama desenvolvido está descrita na forma de um exemplo generalizado onde são usadas as siglas A e B para identificar entidades:

- 1:1 – Uma entidade A está, no máximo associada a uma entidade B e uma entidade B está associada, no máximo, a uma entidade A.
- 1:1* – Uma entidade A está associada a qualquer entidade B, enquanto B está associado, no máximo a uma entidade A.

Descritos alguns termos relacionados com a utilização destes diagramas, a análise do modelo entidade-relacionamento desenvolvido no âmbito da cadeia de abastecimento de biomassa é simplificada.

O modelo apresentado no anexo B foi desenvolvido cumprindo as regras aplicadas aos diagramas de classes, encontrando-se em conformidade com a linguagem de modelação visual *standard*, designada por UML. Sem interferir no propósito desejado, as entidades são apresentadas como classes em retângulos que contêm o seu nome e os atributos que lhe correspondem.

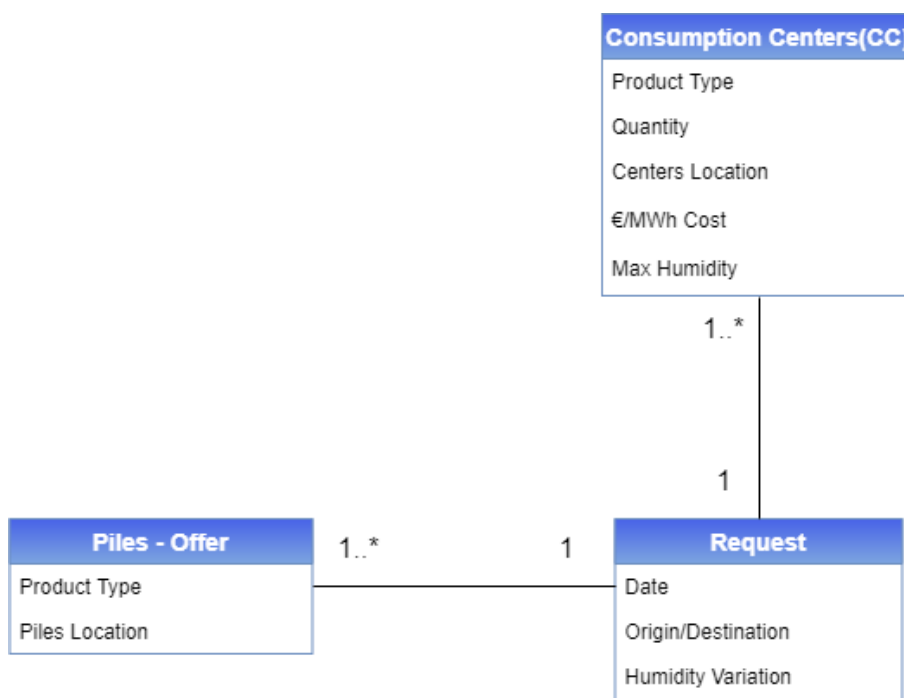


Figura 4.3: Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Pedido

A classe que representa a entidade *request* traduz uma componente essencial da informação que serve de suporte para a criação de instância de entrada no modelo. Anteriormente à elaboração de um *request*, o cliente é responsável pela alocação dos dados referentes aos pontos de oferta de produto designados por pilhas e seus respetivos centros de consumo. No extrato retirado do diagrama entidade relacional, anexo B apresentado na figura 4.3 é possível verificar que as entidades correspondentes aos mesmos são designadas por *Piles-offer* e *Consumption Centers (CC)* respetivamente.

A classe referente à oferta é constituída por atributos que definem o tipo de produto e a sua localização. Relativamente aos centros de consumo, os atributos que constituem esta classe, além de representarem o tipo de produto e a localização dos mesmos, referem-se à quantidade pretendida nos centros, à humidade máxima do produto estabelecida e por fim a sua relação custo por M/Wh.

Um *request* é relacionado com estas duas entidades. Esta associação pode ser descrita como, um *request* pode corresponder a vários pontos de oferta (pilhas) e vários centros de consumo. A classe que o define é caracterizada pelos atributos que correspondem aos pontos de origem e destino específicos do pedido efetuado pelo cliente, com a data desejada para a realização do mesmo e por fim, uma componente associada à variação do teor de humidade.

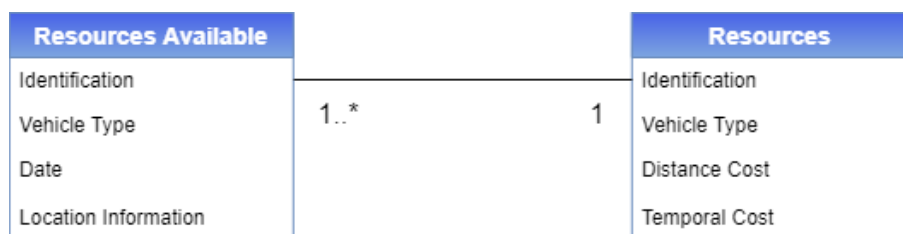


Figura 4.4: Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Recursos

No extrato representado na figura 4.4 são apresentadas as classes das entidades relativas à informação submetida pelo distribuidor. A classe *resources* representa a frota de veículos pertencentes a um distribuidor caracterizada pelos atributos: identificação, tipo do recurso, o custo associado à distância que este percorre e o custo temporal relativo à utilização do recurso. A classe designada por *resources available*, relacionada com a última classe descrita, é caracterizada pelos atributos que constituem a data a que o recurso, o tipo e a sua localização. Os atributos desta classe correspondem à restante componente informacional necessária para a criação da instância.

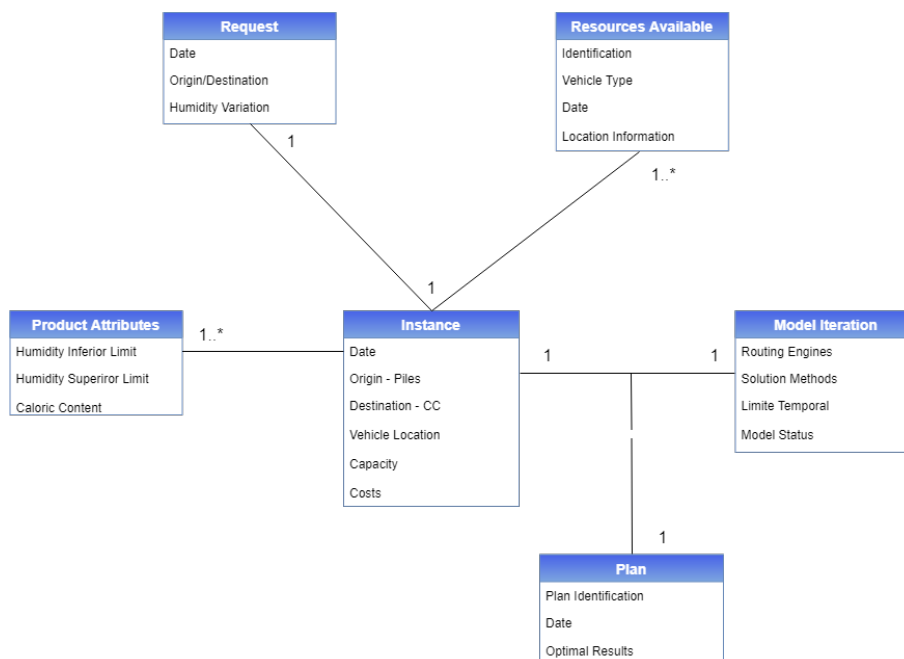


Figura 4.5: Excerto retirado do Diagrama de Relações de Entidades - Plano

A instância, denominada no diagrama por *instance* é formulada através de um relacionamento entre um pedido e um ou mais recursos disponíveis para o efeito pretendido. Os atributos que constituem esta entidade permitem obter as informações que serão dadas como entrada no modelo de otimização. A data para a realização do serviço, a localização das pilhas, dos centros de consumo e dos veículos seleccionados, bem como a sua capacidade e seus custos associados ao planeamento da operação a realizar. Relacionado com a instância de entrada do modelo está a classe *product attributes* da qual os seus atributos representam atributos acerca de características específicas do produto a ser transportado.

A classe que representa o plano é fruto de uma associação entre a classe *instance* e a classe designada por *model iteration* cujos seus atributos representam as iterações que se podem realizar ao nível do modelo de otimização. A identificação do plano, a data e os resultados ótimos obtidos são os atributos que lhe correspondem.

4.3 Arquitetura de Aplicações e de Integração

Para facilitar a resolução de problemas complexos, o sistema é desenvolvido de modo a melhorar a acessibilidade e a transferência de dados por parte dos diferentes tipos de utilizadores. Além disso, este sistema suporta as decisões dependentes de dados geográficos para a sua realização.

O sistema inclui a integração de 4 componentes. Na figura 4.6 é possível verificar a integração dos mesmos:

- Modelo de Otimização
- *Middleware*
- Interfaces Gráficas de Utilizador
- Base de Dados

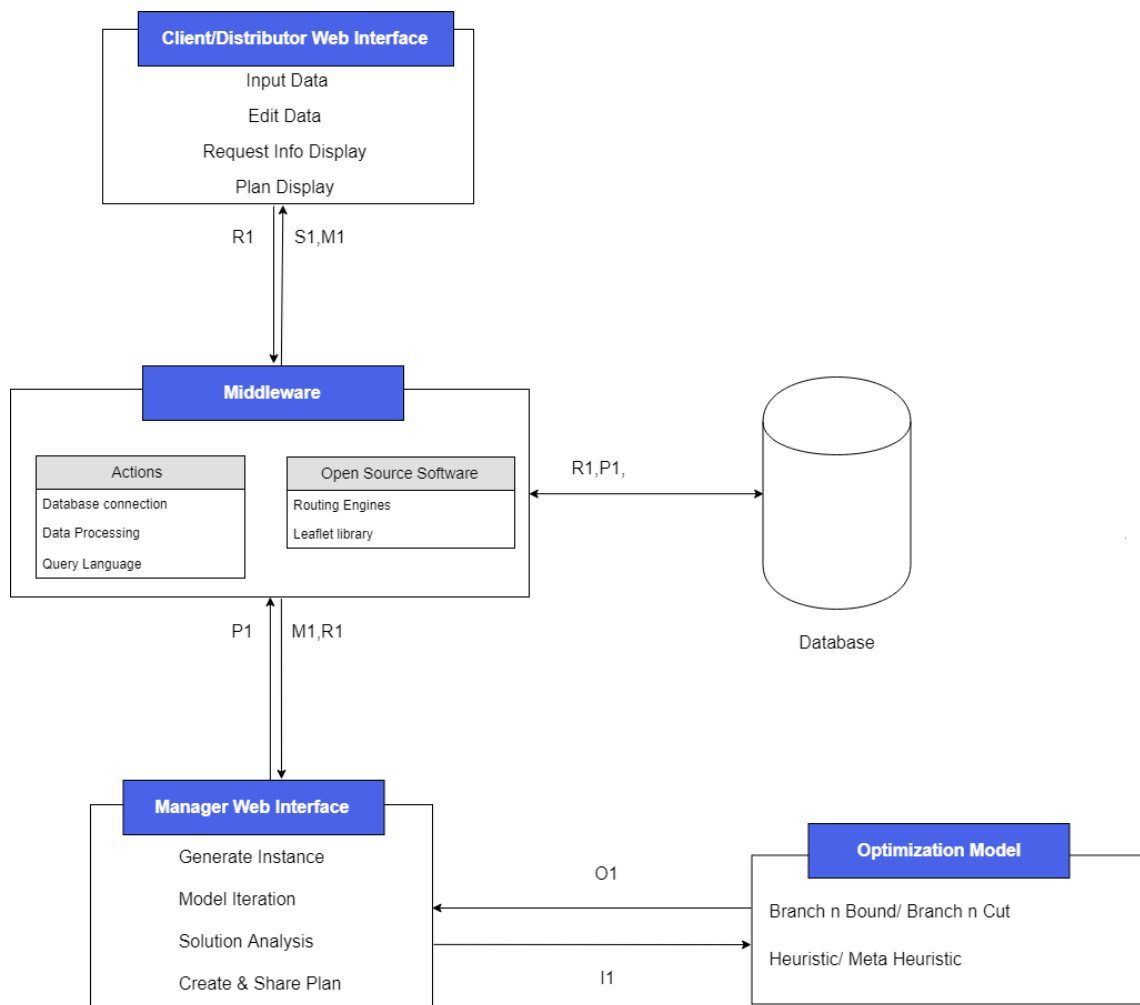


Figura 4.6: Diagrama de Integração

O modelo de otimização desenvolvido num período anterior foca-se no planeamento de operações que definem a cadeia de abastecimento, nomeadamente, na recolha, transporte e armazenamento de biomassa. Este componente proporciona fortes capacidades a nível computacional, o que permite de uma forma rentável a manipulação de dados referentes a um problema complexo. Além destas características que permitem ao modelo lidar com uma vasta variedade de dados, este é também, suportado por uma técnica capaz de possibilitar a gestão de dados de entrada no modelo, ou seja, uma técnica *First-In-First-Out* (FIFO) que condiciona a entrada dos dados no modelo consoante o momento em que estes foram submetidos para tal efeito, apresentando semelhanças com as filas de espera comuns.

O método *Branch and Cut* utilizado neste modelo é composto por um algoritmo destinado a resolver problemas de programação compostos por variáveis não contínuas, mas que apresentam valor inteiro. Assim, este algoritmo pode ser definido como uma combinação do método de corte e o algoritmo de *branch-and-bound*. Este último é implementado no algoritmo para favorecer a escolha das melhores opções para o cálculo da solução, excluindo a necessidade de calcular todas as distâncias possíveis. Técnica através da qual subconjuntos são descartados em massa devido aos limites superior e inferior do valor ótimo atingido. Por fim, com a utilização destes algoritmos é fornecida uma garantia de solução ótima [19].

Assim, o modelo é responsável por obter uma solução ótima dependente dos dados de entrada do mesmo e das restrições que o caracterizam.

O *middleware* gere a complexidade de aceder a softwares *standard* operacionais, de segurança, protocolos de comunicação de baixo nível para facilitar interações e partilha de dados e comunicação entre os diferentes utilizadores e os vários níveis [20]. Tendo em consideração os aspetos referidos, o desenvolvimento do *middleware* tem como base uma integração de *open-source standard softwares* e ações destinadas ao tratamento de dados e seu armazenamento, essenciais para que o sistema funcione do modo pretendido.

Uma das características deste é a utilização de uma biblioteca *open-source* de funções na linguagem de programação Javascript. Designada por Leaflet, esta foi desenvolvida tendo em consideração a simplicidade, usabilidade e performance e é devido à utilização das funções disponibilizadas gratuitamente que é possível obter mapas interativos que permitam ao utilizador interagir com este. Através das funções disponibilizadas, o mapa é apresentado na interface do utilizador. A utilização deste software é vantajosa, pois o Leaflet é caracterizado por ser funcional em todas plataformas móveis e de Desktop, por possuir uma API fácil de usar e bem documentada e por apresentar um código fonte de fácil interpretação [21].

A inclusão no *middleware* de *open-source* softwares correspondentes aos *routing engines* a considerar no modelo é uma característica que o define. Assim, o código designado por *open-source routing engine* é responsável por obter o caminho mais curto entre dois locais geográficos, assinalados com marcadores, tendo em conta as restrições geográficas e as rotas existentes entre os dois locais. Para além de ser caracterizado pelos aspetos descritos, no *middleware* estão contidas as funções que têm como objetivo o controlo de acesso de utilizadores à base de dados, bem como ações de escrita e leitura de dados armazenados na mesma. Para esse efeito, de modo a efetuar a

comunicação com a base de dados é necessária a utilização de uma linguagem compatível com o modelo relacional pretendido para a base de dados, ou seja, uma linguagem do tipo *query*.

As interfaces gráficas de utilizador foram desenvolvidas para suportar a submissão de dados de entrada, atualização do estado e para permitir a visualização geográfica e interação na mesma. No diagrama, é possível verificar que são apresentados diferentes tipos de interface, uma correspondente ao cliente e distribuidor e outra específica do planeador. Esta divisão acontece devido às diferenças que existem entre as interfaces deste interveniente e as restantes, uma vez que é na interface correspondente ao planeador que é possível criar a instância de entrada do modelo, a respetiva análise dos resultados e de seguida a criação e partilha do plano correspondente à operação a realizar. A interface destinada aos restantes intervenientes no sistema é composta por funcionalidades que permitem a cada um destes submeter informações necessárias para o planeamento e a consulta dos planos realizados ou a realizar. Assim, o cliente é responsável por elaborar um pedido de uma operação a realizar numa determinada data e o distribuidor deve submeter informações acerca dos recursos disponíveis na data para a qual será efetuado um plano.

As transferências de softwares e de dados entre componentes estão, de um modo geral, apresentadas na figura no formato de siglas:

Tabela 4.1: Denominação das siglas da figura 4.6

R1	Recursos Disponíveis Pedido
M1	Mapa Interativo - Leaflet
I1	Plano
I1	Ficheiro JSON de entrada
O1	Ficheiro JSON de saída
P1	Plano para data

Num SAD, ferramentas são desenvolvidas e disponibilizadas por parte dos especialistas neste âmbito, de modo a combinar dados de fontes multidisciplinares com informações que podem levar à aquisição de conhecimento por parte de utilizadores comuns, através da web [22]. Estas fontes e ferramentas podem ser organizadas e estruturadas numa arquitetura hierárquica, composta por vários níveis. A organização destes aspetos numa arquitetura por camadas apresenta vantagens na clarificação de relações e componentes que a constituem.

A arquitetura de quatro camadas desenvolvida para suportar o planeamento tático em questão nesta dissertação é apresentada na figura 4.8. As camadas foram definidas com base no conteúdo e contexto informacional presente em cada uma.

Camada de Apresentação

A camada de apresentação proporciona uma interface gráfica de utilizador (GUI) acessível em diferentes tipos de browsers. Nas interfaces é disponibilizada aos utilizadores a possibilidade de estes efetuarem as suas funções pretendidas para o planeamento. É na interface web que cada utilizador poderá cuidar dos dados que lhe correspondem, selecionar os dados de entrada, realizar

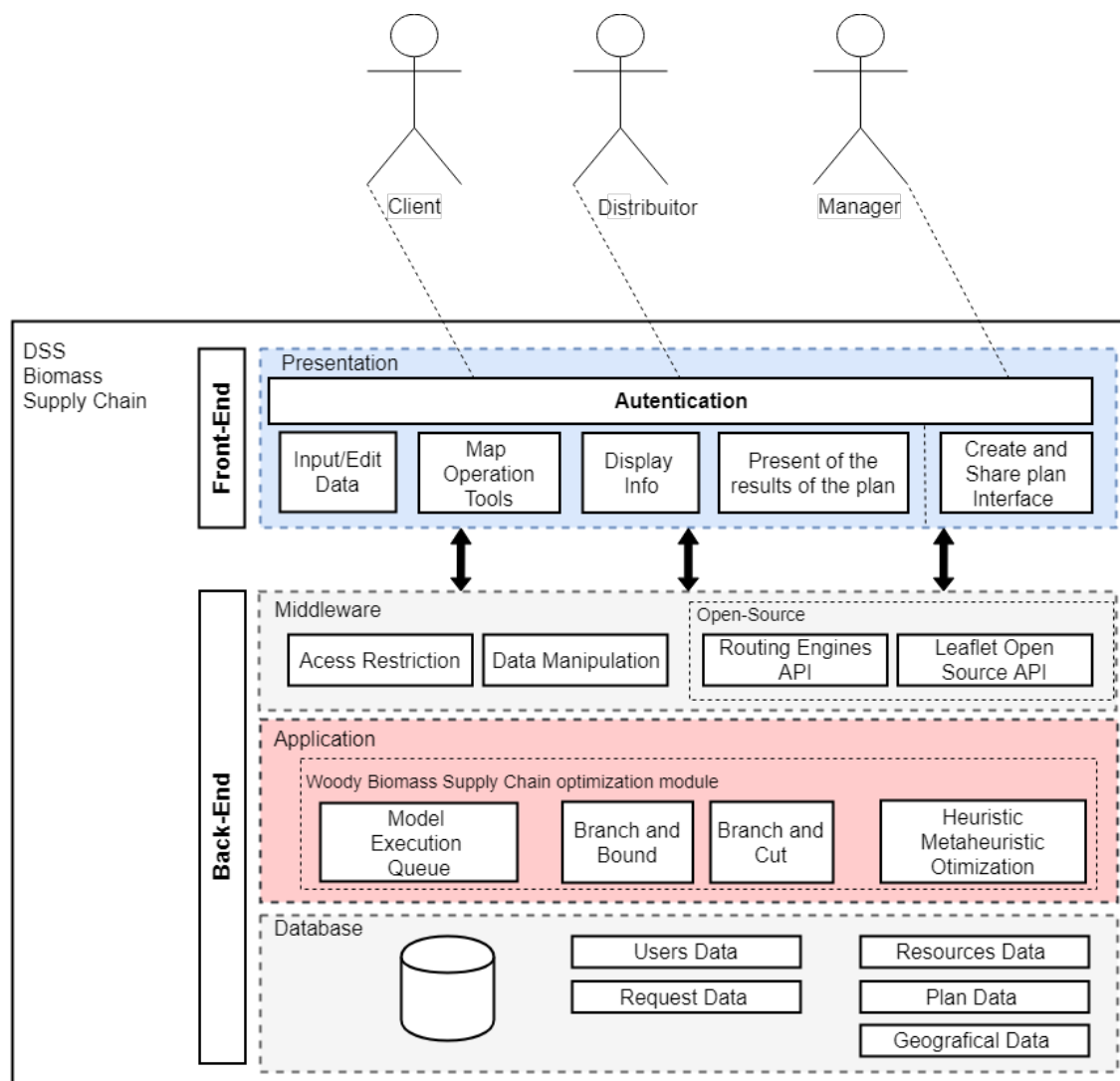


Figura 4.7: Diagrama Arquitetura de Aplicações

operações no mapa com recuperação de dados referentes à localização e atributos dos locais considerados para o planeamento, bem como a visualização do plano, permitindo o acompanhamento próximo deste processo. Deste modo, a utilização do sistema por parte dos intervenientes é feita de um modo interativo e intuitivo, para que a realização das suas funções a desempenhar possa ser facilitada.

Camada *Middleware*

A camada denominada pelo termo inglês *middleware* tem como função estabelecer a ligação entre o *front-end* e *back-end*. Por outras palavras, estabelece a ligação e a partilha de dados entre a camada superior e as restantes camadas de nível inferior. Com a inclusão das API *open-source* nesta camada foi possível proporcionar a presença do mapa na interface do utilizador, assim como as funcionalidades possíveis de executar no mesmo. Outra característica encontrada na

implementação deste nível é do facto de, além de proporcionar os aspetos anteriormente referidos, inclui funcionalidades responsáveis pelo tratamento de dados, o seu respetivo arquivo na base de dados e controlo de acesso dos utilizadores. Como a maioria dos dados são do formato JSON, o tratamento de dados consiste na tarefa de adequar a informação apresentada neste formato com o modelo relacional utilizado na base de dados através de funções que possibilitem o armazenamento de informações alusivas a locais geográficos de forma estruturada. A implementação desta camada é importante pois pode ser vista como um ponto relevante na melhoria da estabilidade do sistema.

Camada Aplicação

A camada de aplicação consiste no processo de obtenção da solução ótima obtida para os dados de entrada. Neste nível da arquitetura está presente o modelo desenvolvido para o planeamento de uma cadeia de abastecimento de biomassa com teor energético variável. Este modelo é concretizado através da implementação de um algoritmo caracterizado pelas suas restrições que, dependendo dos dados de entrada e do método de solução escolhido, apresenta a melhor solução para o fim pretendido. A cada entrada no modelo corresponde uma solução que possibilita o planeamento tático para que um determinado serviço, pretendido numa determinada data, utilize os recursos envolvidos de uma forma rentável e eficiente. A intenção é que o planeador interaja com esta camada através da camada de apresentação e adquira conhecimento que permita facilitar a decisão a tomar. Por outro lado, estas contribuem para organizar a informação e o conhecimento necessário no processo de tomar de decisão.

Camada Base de dados

A camada alusiva à base de dados está localizada no último nível da arquitetura e consiste no arquivo de dados relativos aos utilizadores. Os dados compostos por lista de pedidos, informações acerca dos recursos, das suas características dos produtos, dos pedidos e por fim, dos planos existentes são armazenados neste nível. Apesar dos dados correspondentes às localizações, tanto dos pontos de entrada como os de saída do modelo necessitarem de um tratamento prévio estes também serão armazenados nesta camada.

4.4 Arquitetura Tecnológica

A arquitetura tecnológica especifica os principais requisitos tecnológicos e práticas adotadas no desenvolvimento de um sistema que suporta o planeamento logístico das operações que envolvem a biomassa florestal de forma eficiente e eficaz. O plano de implementação que constitui esta arquitetura foi elaborado com o intuito de planear a implementação das interfaces gráficas de utilizador.

Assim, as GUI foram desenvolvidas através de tecnologias computacionais constituintes de algoritmos elaborados com base numa combinação de três linguagens:

- **HTML** - *Hyper Text Markup Language*;
- **CSS** - *Cascading Style Sheets*;
- **JavaScript**

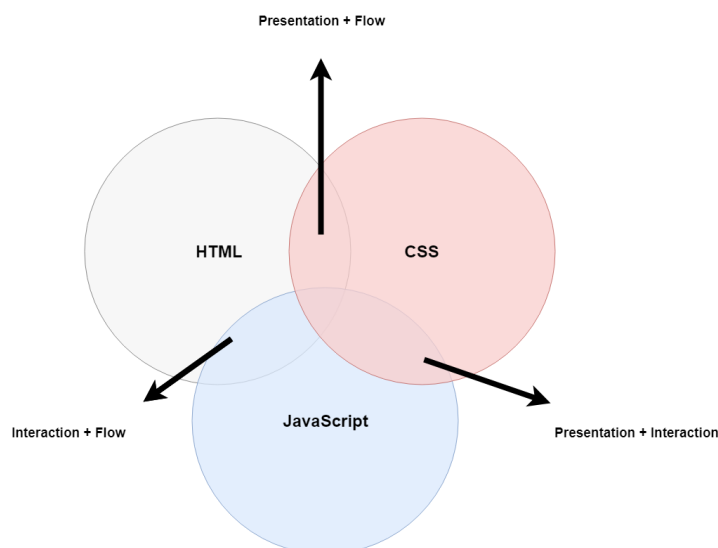


Figura 4.8: Desenvolvimento de interfaces web - Combinação de tecnologias

A estruturação da página, o seu aspeto e apresentação foi realizado com base numa *framework* designada por *BootStrap*. Esta *framework* consiste numa documentação *open-source* sustentada por HTML e CSS que facilita o design das interfaces para que sejam caracterizadas pelo seu modo de atuar responsivo, pela interatividade e pela sua aparência agradável [23]. A boa utilização destas técnicas é vantajosa para o aumento do nível de satisfação dos utilizadores uma vez que o aspeto e a acessibilidade das funcionalidades contidas nas GUI são muito importantes para obter uma boa interação, e consequentemente relação entre o utilizador e o sistema.

Definida a estrutura e o estilo das interfaces, o conteúdo das mesmas é estabelecido através da linguagem HTML. A utilização de JavaScript no seu desenvolvimento proporciona um leque

de funcionalidades que permitem melhorar e adicionar características dinâmicas e interativas das interfaces.

Como referido no capítulo 5, o mapa é apresentado nas GUI através da documentação *open-source Leaflet*. A API deste componente, permite a comunicação com serviços com o intuito de apresentar o mapa no *browser* através de AJAX. As funções que permitem uma utilização funcional do mapa e retirar os dados a partir dessa foram desenvolvidas em JavaScript, utilizando a documentação disponibilizada para esse propósito.

Com a combinação de todas as tecnologias descritas, são desenvolvidas GUI que permitem a utilização do mapa como suporte às funções a realizar em cada caso.

Ao nível da base de dados, a opção desejada para a sua implementação passa pela adoção do modelo relacional no arquivo dos dados associados. Deste modo, o repositório dos mesmos é efetuado em tabelas e através de comandos definidos em SQL.

A utilização de uma BD não relacional, designada por MongoDB foi também considerada uma vez que esta é uma base de dados orientada aos documentos, isto é, os documentos são guardados no formato de BSON proporcionando eficiência e fiabilidade.

Apesar de existirem algumas vantagens na utilização desta última, o modelo relacional foi o escolhido pois é o que, atualmente, apresenta maior fiabilidade quando existe a necessidade de realizar transações complexas de dados e pelo facto de este ser uma solução que é adotada pelos programadores desde a implementação dos primeiros sistemas deste género devido à capacidade que permite aglomerar tabelas e privilegia a segurança no acesso ao repositório de dados.

Consoante a evolução da MongoDB, esta base de dados orientada aos documentos e objetos poderá apresentar um maior número de vantagens o que poderá levar à sua preferência por parte dos programadores no momento de seleção, uma vez que, no ponto de vista do autor desta dissertação, esta é uma solução viável a aplicar no futuro.

A implementação foi feita num servidor local com recurso ao software livre designado por *Xampp*. Um servidor web de nome *Apache* integra esta ferramenta que acrescenta MySQL, PHP entre outras tecnologias, permitindo a concretização de certas ações implementadas e a implementar no sistema.

Capítulo 5

Especificação de Interfaces Gráficas de Utilizador

Neste capítulo estão presentes as etapas realizadas com o intuito de obter as interfaces gráficas de utilizador que cumpram os requisitos e que suportem os casos de utilização apresentados.

Assim, neste capítulo estão contidos os diagramas correspondentes aos casos de uso dos utilizadores, à navegação de páginas e os *mockups* que serviram de base para a respetiva implementação das GUI.

5.1 Casos de Utilização

Os diagramas de casos de uso são utilizados com o propósito de descrever as várias ações possíveis de efetuar num sistema com a colaboração de um ou mais utilizadores externos, designados por atores. Cada caso de uso deve fornecer algum resultado observável para os atores ou outras partes interessadas do sistema [24]. A construção destes diagramas é feita através da notação *standard* UML.

No âmbito da dissertação, o diagrama de casos de uso relativo ao sistema a desenvolver é apresentado na figura 5.1 e da análise deste é possível identificar três atores:

- **Cliente** – Responsável por efetuar o pedido de operação;
- **Distribuidor** – Responsável pela submissão dos seus recursos disponíveis;
- **Manager** – Responsável pelo planeamento da operação a realizar.

Na tabela 5.1 foram identificados os requisitos a ter em consideração no desenvolvimento do sistema pretendido. Como exemplo de um requisito considerado na utilização do sistema por parte do ator cliente podemos considerar o caso de uso, *Fazer Pedido*. Para isso o cliente no sistema a implementar deverá poder efetuar um pedido de um planeamento tático. É introduzido neste caso um ponto de inclusão de modo a ilustrar um comportamento específico do sistema no instante em que é realizado o pedido, o que permitirá ao cliente preencher com a informação necessária para a

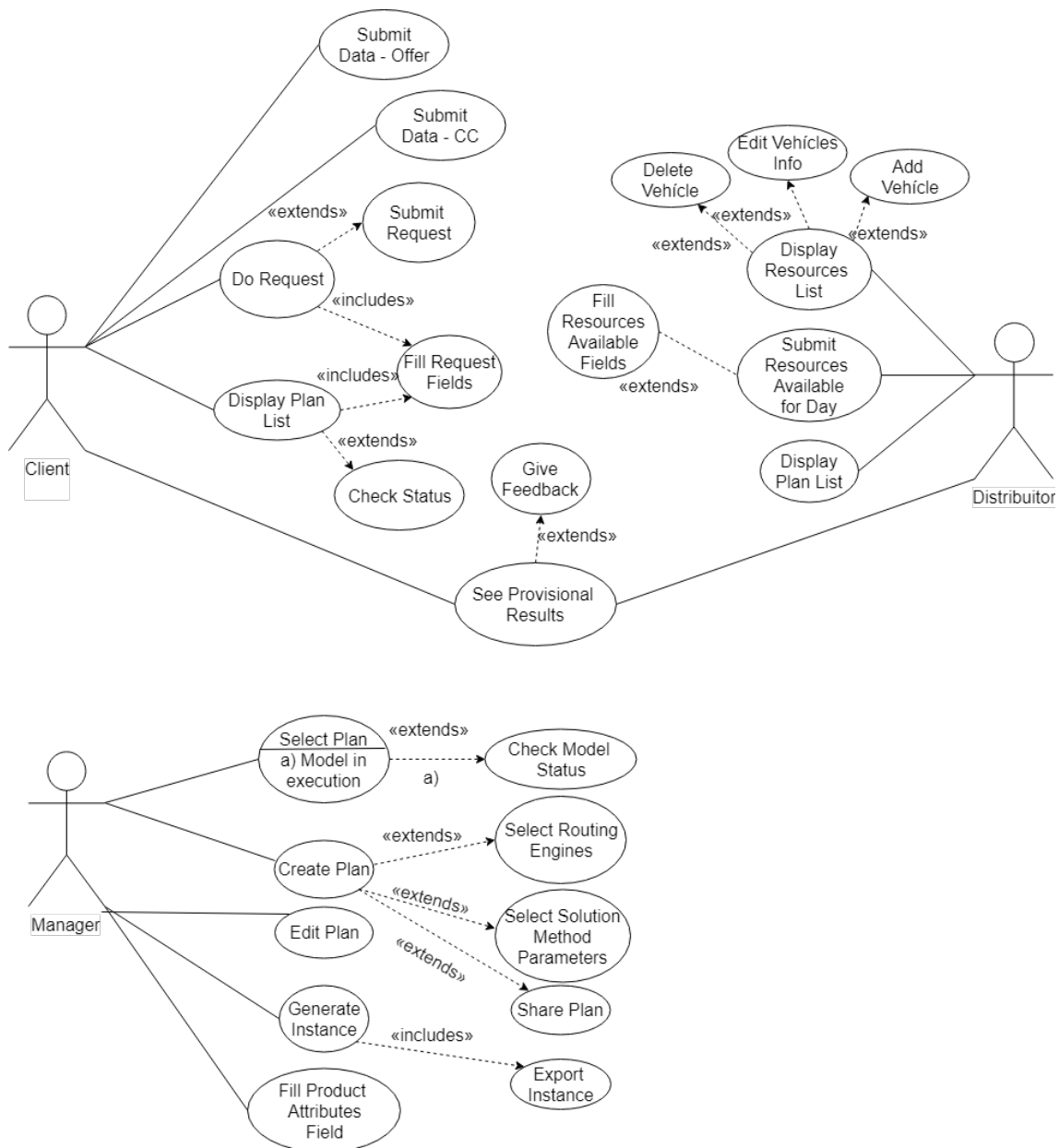


Figura 5.1: Use Cases Diagram

realização do plano os campos destinados a esse efeito. O ponto de extensão associado a este caso de uso permite ilustrar outro comportamento do sistema específico para esta funcionalidade.

O caso de uso *visualizar lista de planos* definido é comum a dois atores: cliente e distribuidor. Este, como o seu nome indica, deverá permitir aos atores a visualização da lista de planos associados correspondente. O sistema permitirá aos atores visualizar o estado dos respetivos planos e caso seja necessário, deverá preencher alguns campos informacionais destinados a alterações e/ou completar informações associadas ao mesmo.

Na perspetiva do ator *manager*, este deverá ser capaz de conceber um plano. O sistema deverá

Tabela 5.1: Tabela descrição dos casos de utilização por parte dos atores

Ator	Use Cases	Extensões	Inclusões
Cliente	Submeter Dados - Pilhas de Oferta		
	Submeter Dados - Centros de Consumo		
	Fazer Pedido	Submeter Pedido	Preencher Campos informacionais do pedido
	Visualizar Lista de Planos	Consultar estado do plano	Preencher Campos informacionais do pedido
	Visualizar Resultados Provisórios	Dar Feedback	
Distribuidor	Visualizar Lista de Recursos	Eliminar Veículo	
		Adicionar Veículo	
		Editar Informação Veículo	
	Submeter Recursos Disponíveis para o Dia		
	Visualizar Lista de Planos		
	Visualizar Resultados Provisórios	Dar Feedback	
	Selecionar Plano	a) Se modelo estiver em execução->Verificar estado de modelo	
Manager	Criar Plano	Selecionar métodos de solução	Partilhar Plano
			Selecionar <i>Routing Engines</i>
	Editar Plano		
	Gerar Instância	Exportar Instância	
	Preencher Campos de Atributos de Produto		

ter um comportamento específico para esta funcionalidade, proporcionando ao ator a possibilidade de este selecionar os *routing engines*, os parâmetros de métodos de solução e por fim, efetuar a partilha do plano elaborado consoante as opções tomadas pelo *manager* para a sua execução.

A realização do diagrama de casos de utilização permite ao programador uma perceção dos requisitos associados aos tipos de utilizador, tendo em consideração o propósito do sistema a implementar. Deste modo, o desenvolvimento, numa fase posterior, é efetuado com o objetivo de cumprir os requisitos definidos para os diferentes tipos de intervenientes.

5.2 Diagramas de Navegação

Um diagrama de navegação é um diagrama não editável que mostra os resultados de uma consulta num diagrama de contexto. A sua utilização é feita para demonstrar a navegação entre os elementos e relacionamentos de um projeto [25].

Assim, para cada tipo de utilizador foi realizado um diagrama de navegação de páginas, dado que existem interfaces específicas para cada interveniente no planeamento a realizar.

Os diagramas foram desenvolvidos de acordo com a estrutura de um organograma. Os elementos que se encontram na parte superior do diagrama correspondem a interfaces web gerais, ou seja, correspondem às interfaces que estão presentes nos vários tipos de fluxo interativo tomado por parte dos diferentes utilizadores. Estes elementos estão identificados pela cor azul.

Na parte inferior estão presentes elementos particularizados ao tipo de utilização. Com a cor verde, estão identificadas as interfaces web específicas ao tipo de utilizador. As páginas alusivas a ligações externas ao sistema estão identificadas pela cor branca. Igualmente apresentadas pela cor branca e limitadas por um traço tracejado são identificadas as janelas de navegação secundárias que permitem a integração de formulários alusivos a certas funcionalidades pretendidas, definidas anteriormente nos requisitos.

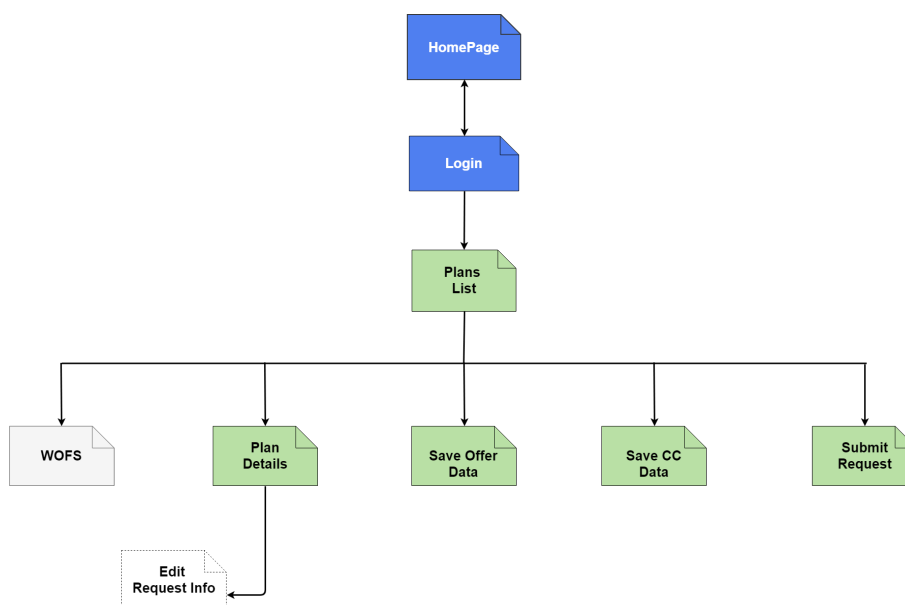


Figura 5.2: Diagrama Navegação de Páginas - Cliente

Como é possível verificar na figura 5.2, após a admissão do cliente no sistema, este terá acesso à página correspondente à visualização da lista de planos que lhe corresponde. A partir dessa interface o cliente terá a possibilidade de navegar entre as páginas:

- **WOFS** - Página informacional;
- **Detalhes do plano** - Página correspondente aos detalhes do plano;
- **Editar** - Página correspondente ao campo de edição dos parâmetros do pedido;
- **Criar Oferta** - Página correspondente à submissão dos dados referentes às pilhas de biomassa;

- **Centros de Consumo** - Página correspondente à submissão dos dados referentes aos centros de consumo da biomassa;
- **Pedido** - Página destinada à realização do pedido de planeamento .

No momento em que o ator denominado por distribuidor ingressa no sistema, este será encaminhado para a página onde são apresentados os planos que lhe correspondem. Nesta página o distribuidor poderá consultar o estado do plano e terá a possibilidade de navegar por todas as páginas com o propósito de realizar os processos pretendidos nas interfaces que sustentam a submissão dos dados necessários para a realização do planeamento.

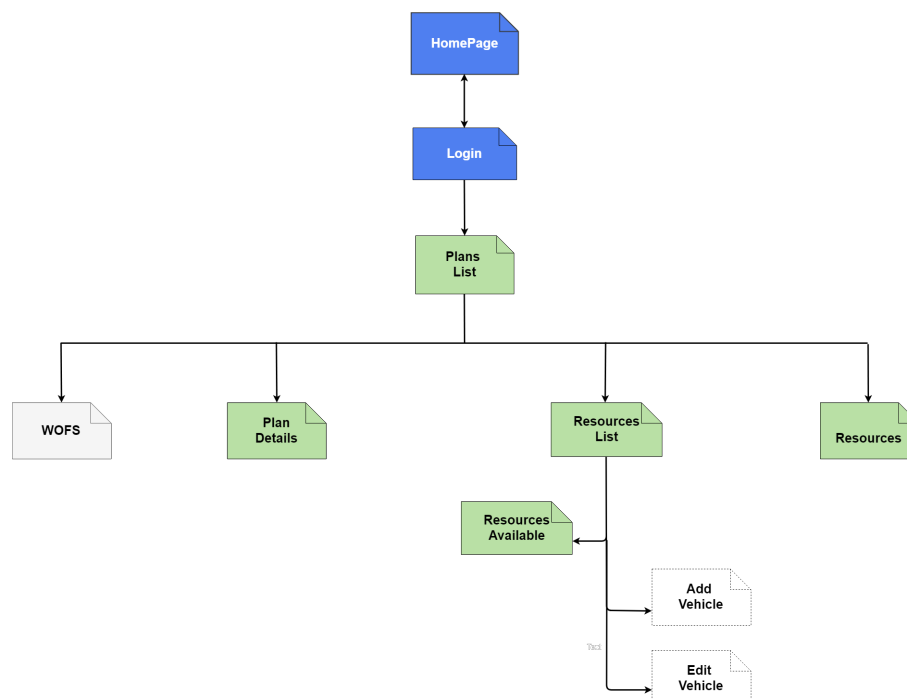


Figura 5.3: Diagrama Navegação de Páginas - Distribuidor

Semelhante à utilização por parte do cliente, as páginas web destinadas ao distribuidor são definidas no diagrama presente na figura 5.3:

- **WOFS** - Página informativa;
- **Detalhes do plano** - Página correspondente aos detalhes do plano;
- **Lista de Recursos** - Página destinada à apresentação dos dados referentes aos recursos do distribuidor;
- **Recursos Disponíveis** - Página destinada à apresentação dos recursos disponíveis numa determinada data;
- **Adicionar Veículo** - Página secundária que inclui o formulário de adicionar veículo.

- **Editar Veículo** - Página secundária que inclui o formulário de edição de veículo.
- **Recursos** - Página correspondente à submissão dos dados referentes recursos disponíveis para o planeamento.

O interveniente designado por planeador é responsável pelo tratamento de dados de entrada no modelo e pela criação do plano que satisfaça os pedidos provenientes dos clientes através de uma utilização rentável dos recursos disponibilizados pelo distribuidor.

Como é possível verificar na figura 5.4, o número de páginas a que este ator terá acesso é menor do que no caso dos outros atores. A abordagem à utilização do sistema por parte do planeador foi feita tendo em conta a simplicidade do fluxo de interações que é pretendida para o mesmo. Assim, as funcionalidades associadas a este utilizador estão expressas em duas interfaces, criar plano e visualização de resultados. A primeira permitirá ao planeador realizar um plano com base nas informações submetidas e visíveis na mesma. A segunda será destinada à visualização dos resultados obtidos para posterior análise e tomada de decisão influenciada pelos mesmos.

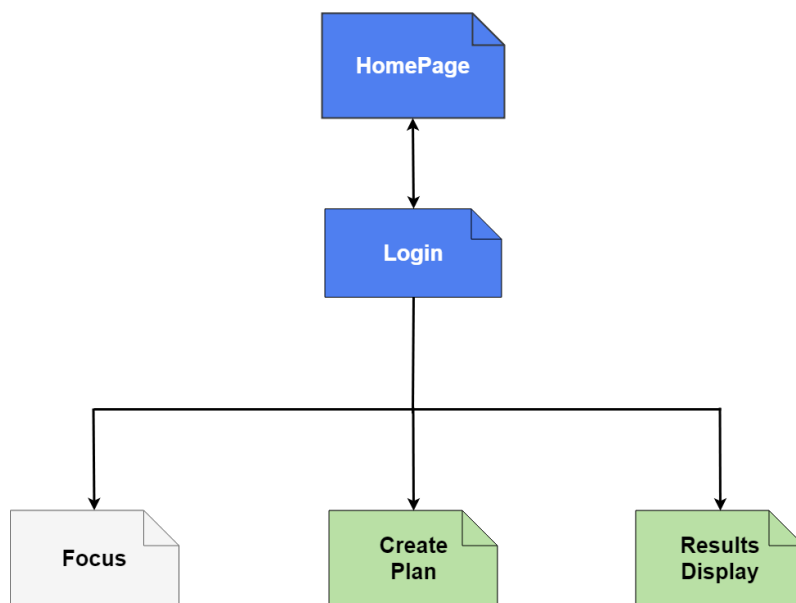


Figura 5.4: Diagrama Navegação de Páginas - Planeador

O desenvolvimento dos diagramas de navegação permite obter uma noção do número de interfaces e da dinâmica de utilização que as caracteriza, suportando assim, a implementação das mesmas.

5.3 Mockups

Um dos aspetos mais importantes e necessários na implementação de interfaces web é a realização de elementos designados por *mockups*. A construção destes pode ser considerada simples

uma vez que esta é caracterizada pela sua acessibilidade, visto que estes podem ser revistos, adaptados ou refeitos rapidamente.

É com base nos *mockups* realizados que todos os envolvidos na implementação vão ter uma noção dos elementos que compõem as interfaces e também saber o que precisa de ser realizado posteriormente. Aliado a estes aspetos, quando se tem acesso aos *mockups* torna-se mais fácil visualizar as ideias e realizar a discussão das mesmas. Com o auxílio destes é também possível identificar falhas na estrutura, como por exemplo ao nível do conteúdo informacional, das funcionalidades, da navegação e do *layout*, isto é, posicionamento de certos elementos que constituem a interface a implementar.

Assim, o seu desenvolvimento é a forma mais adequada de entender toda a estrutura das interfaces a implementar e a forma menos complexa de se certificar que todos os envolvidos no projeto estão em sintonia antes de este se tornar real.

Os *mockups* que servem de base para as interfaces pretendidas nesta dissertação foram realizados detalhadamente, ou seja, de um modo completo. A sua realização foi concretizada digitalmente, com intenções de incorporar todos os aspetos visuais e informacionais considerados no problema e funcionalidades específicas de cada tipo de utilizador considerado. Com o apoio destes, a implementação das interfaces é realizada rapidamente sendo que estes evitam alterações constantes numa fase final do trabalho a realizar.

Através da análise destes elementos visuais é possível identificar a apresentação de requisitos definidos, como os casos de uso de cada interveniente, os campos existentes para a submissão de dados, o tipo de informações a que este poderá aceder e o aspeto visual e estrutural das interfaces. Nos *mockups* é também possível verificar a inclusão dos atributos associados a cada tipo de função a desempenhar pelo diferentes tipos de utilizadores.

Paralelamente à realização da dissertação foi realizado um vídeo que demonstra visualmente o fluxo entre os *mockups* realizados. Esta demonstração apresentada aos *stakeholders* do projeto BIOTECFOR representa uma simulação de um pedido de planeamento, envolvendo os três atores. Após a demonstração, os *stakeholders* validaram o esquema geral das interfaces e deram sugestões úteis para a posterior implementação das mesmas.

No anexo C são apresentados os *mockups* que serviram de base à implementação das interfaces desejadas.

Capítulo 6

Aplicação ao Caso de Estudo

Como já foi anteriormente referido nesta dissertação, o desenvolvimento das interfaces que integram o sistema de apoio à decisão foi realizado especificamente para o planeamento tático de operações de logística da biomassa, tendo como base o projeto BIOTECFOR.

Este projeto que serviu de enquadramento do trabalho realizado tem como objetivo aumentar os níveis de eficiência na utilização dos recursos florestais através da aplicação de Sistemas Robóticos Inteligentes na sua recolha e busca de novas aplicações para outros materiais, de modo a contribuir para o desenvolvimento da bioeconomia e da economia circular transfronteiriço de cooperação Galiza – Norte de Portugal.

Assim, o projeto BIOTECFOR além de proporcionar outras vantagens aos atores deste setor, é uma parcela importante na melhoria da informação e capacidade técnica, no desenvolvimento de ferramentas e tecnologias inovadoras para proporcionar uma utilização rentável dos recursos florestais.

O desenvolvimento dos *mockups* e a posterior implementação das interfaces elaboradas a partir destes foi efetuada com o intuito destas possibilitarem a implementação de funcionalidades descritas nos casos de utilização dos atores do sistema.

Toda a implementação foi efetuada para que as interfaces fossem um culminar de tudo o que foi elaborado e expresso no momento de definição da arquitetura que serve de estrutura a este SAD.

A transformação de *mockups* em interfaces foi bem sucedida na maior parte de todas as GUI especificadas no capítulo 5, exceto no que toca à GUI de visualização de resultados destinada ao utilizador designado por planeador.

Contudo, no anexo D são apresentadas as interfaces que transcrevem visualmente os resultados desta dissertação.

De seguida neste capítulo, é descrita como é a realizada a interação no sistema por parte do cliente, distribuidor e planeador. Esta interação é aplicada ao caso de elaboração do planeamento tático das operações logísticas da biomassa, descrevendo as ações a realizar nas GUI específicas de cada utilizador.

No anexo D são apresentadas as imagens correspondentes às interfaces destinadas a cada propósito e associadas a cada cliente.

6.1 Cliente

O utilizador no momento em que efetua o login, seleciona cliente como opção e entra no sistema, numa interface onde são apresentadas as listas de planos correspondentes à sua entidade. Poderá consultar os detalhes dos planos concluídos e dos pendentes, ou seja, planos que ainda aguardam interação por parte do cliente. Caso o cliente deseje submeter informações acerca da oferta de pilhas este terá de selecionar a página destinada para esse efeito e será encaminhado para a mesma.

No lado direito da página destinada à submissão das pilhas de produto, o cliente seleciona o tipo de produto pretendido. De seguida introduz no mapa as coordenadas relativas ao produto em questão. No mesmo instante em que são colocados os marcadores no mapa é apresentada uma tabela com campos para o utilizador preencher com detalhes associados aos atributos.

A submissão pode ser feita depois de nomear as pilhas dos produtos efetuada numa janela *pop-up* situada na parte superior do browser.

Na página de seleção dos centros de consumo de biomassa o cliente utiliza o mapa para obter as coordenadas dos mesmos. A tabela apresentada na parte inferior da interface tem como objetivo a caracterização dos centros do consumo por parte do utilizador. O cliente poderá completar esta tabela com informações relativas aos centros de consumo selecionados no mapa, introduzindo as características associadas aos atributos que os caracterizam, nomeadamente, produto, quantidade, humidade máxima e a relação custo/MWh.

Quando o cliente tem a intenção de realizar um pedido para um plano este terá de navegar até à interface destinada a esse propósito. Quando se encontra nesta, em primeiro lugar, o utilizador terá de selecionar a data para a qual pretende efetuar um pedido de planeamento. O formulário que permite a seleção da data pretendida está situado no lado direito do mapa junto a uma tabela dinâmica que permite a escolha entre a visualização dos dados das pilhas de oferta ou dos centros de consumo. Após a escolha dos dados a visualizar, o cliente terá de inserir os dados correspondentes aos atributos dos centros de consumo e das pilhas.

A inserção das propriedades de cada localização a considerar no plano é efetuada numa tabela responsiva que permite a alteração em tempo real dos atributos a preencher, isto é, permite a apresentação dos atributos das pilhas ou dos centros, dependendo da seleção efetuada.

O pedido termina no momento em que o utilizador pressiona o botão, que irá proceder ao armazenamento todos os dados que caracterizam o produto.

6.2 Distribuidor

O distribuidor acede ao sistema através do login onde irá selecionar o campo correspondente às funcionalidades a desempenhar. Após a entrada do sistema, o utilizador será reconhecido pelo

sistema como distribuidor. Semelhante ao caso do acesso do cliente ao sistema, quando o distribuidor entra no sistema é encaminhado para a página onde são apresentados os planos pendentes e os planos em que é necessária uma interação por parte do utilizador.

Na página designada por recursos de transporte, o distribuidor numa primeira instância seleciona o tipo de veículo e de seguida com o auxílio do mapa irá proceder à introdução da sua localização através de marcadores. Paralelamente à colocação destes são apresentados os campos destinados à caracterização dos atributos associados aos diferentes tipos de veículos considerados no problema.

O distribuidor pode consultar as informações alusivas à sua frota de veículos na interface onde estas são apresentadas em forma de tabelas. Posteriormente, se assim o desejar, poderá realizar ações como a edição de algumas características, a eliminação de elementos da frota e a adição de recursos à mesma.

A necessidade de submissão de fontes disponíveis para a realização de um plano levou ao desenvolvimento de uma página que suportasse este caso de utilização. Nesta interface, o distribuidor verifica a disponibilidade dos veículos da sua frota através da seleção do plano para o dia desejado. Nesse instante, surge uma tabela que tem como objetivo disponibilizar as informações dos recursos disponíveis para a data do plano. O distribuidor é responsável por realizar a submissão dos veículos pretendidos para o planeamento.

Selecionar Veículos para data pretendida

Identificação	Tipo	Capacidade	Custo Distância (€/ Km)	Custo Temporal (€/Hora)	Check	Custo Fixo (€)
00-CL-96	Lorries	200m3	1.8€	5€	<input type="checkbox"/>	
10-EE-66	Loaders	300m3	1.78€	7€	<input type="checkbox"/>	
23-LI-77	Trucks	400m3	1.5€	8€	<input type="checkbox"/>	
23-TT-77	Loader	300m3	1.5€	8€	<input type="checkbox"/>	

Submeter veículos disponíveis

SUBMETER

Figura 6.1: Tabela de submissão de veículos - Interface do distribuidor

A escolha dos veículos é assinalada através do preenchimento de uma *checkbox* concebida para esse propósito, apresentada na 6.1. No momento em que o utilizador pressiona o botão é finalizado o processo de seleção de recursos, ocorrendo a submissão e o armazenamento dos dados relativos às características dos recursos disponíveis para utilização na data pretendida para o planeamento.

Limite Inferior	Limite Superior	Teor Calórico (Mwh/M3)	Densidade - (Kg/M3)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 6.2: Tabela de submissão de dados relativos à biomassa - Interface do planeador

6.3 Planeador

O utilizador efetua o login como planeador e é identificado pelo sistema como o planeador das atividades, o que irá restringir a sua navegação a certas páginas. Após a entrada no sistema e semelhante à apresentação feita aos outros tipos de utilizador, o planeador terá acesso à lista de planos pendentes e concluídos. Nesta interface, o planeador poderá consultar os detalhes dos planos apresentados nas tabelas e poderá selecionar a opção de criar plano.

Quando esta opção é selecionada, é apresentado ao planeador um formulário destinado ao preenchimento das datas inicial e final do plano a realizar, bem como o número de períodos temporais a considerar no mesmo. Após pressionar o botão que irá indicar a criação do plano para o período temporal desejado, este fica disponível para clientes e distribuidores colocarem as informações necessárias para a realização do mesmo nas interfaces específicas de cada tipo de utilizador descritas anteriormente. Após a criação do plano o utilizador destinado a completá-lo irá preencher os campos informacionais apresentados na interface disponibilizada para o efeito.

Nesta interface, o planeador começa a realizar o plano pela introdução de valores pertencentes aos parâmetros do mesmo na tabela semelhante à apresentada na figura 6.2.

De seguida, no canto superior direito da interface, o planeador irá escolher os parâmetros de resolução a considerar para o plano que está a ser elaborado. Nesta instância, são selecionados os métodos de solução, os *routing engines* e por fim é escrito o limite temporal pretendido para a realização do plano. Após o preenchimento de todas as informações correspondentes aos parâmetros de planeamento é possível enviar o plano para a resolução, isto é, são enviados todos os dados necessários para o modelo de otimização para que este consiga calcular a melhor solução em função desses mesmos dados de entrada.

É importante realçar que na interface do planeador são apresentados dados relativos à oferta, procura nos centros de consumo e ainda relativos aos recursos de transporte disponíveis para as datas selecionadas. A disponibilização destes dados nesta interface é fruto da utilização e da

submissão dos mesmos por parte dos outros tipos de utilizador através das interfaces destinadas a esses propósitos já descritas anteriormente.

Assim, é vantajoso que todas estas informações estejam presentes numa só interface, uma vez que são disponibilizados de imediato todos os dados necessários e todos os campos informacionais a preencher. Esta apresentação foi efetuada com o intuito de diminuir o número de páginas a consultar para obter as informações, facilitando assim a interação com o sistema e o cumprimento das funcionalidades definidas.

Capítulo 7

Conclusões

7.1 Perspetiva Geral

O conteúdo desta dissertação representa o desenvolvimento de uma arquitetura de um sistema de apoio à decisão aplicado à gestão logística da biomassa para produção de energia. A pesquisa foi efetuada nos métodos adotados pelos autores de estudos descritos no capítulo 2, utilizados no desenvolvimento de uma arquitetura de sistemas deste âmbito.

Para alcançar os resultados pretendidos e após a identificação dos intervenientes e componentes que iriam constituir a arquitetura desejada foi elaborado um diagrama correspondente à arquitetura de processos onde é demonstrado o fluxo de atividades de cada um e o seu respetivo fluxo. Depois de compreender este fluxo e as interações envolventes, foi definida a arquitetura de informações com o intuito de possibilitar a identificação das entidades e os atributos que as constituem. O diagrama de aplicações e integração permite ter a perceção dos componentes que relacionados entre si possibilitam a existência do SAD pretendido. Como culminar dos diagramas apresentados foi elaborado um diagrama, onde são descritos todos os aspetos a considerar no desenvolvimento do SAD que suporte a utilização por parte de diferentes tipos de intervenientes.

Este diagrama traduz, através de uma forma hierárquica, a integração de todos os componentes que constituem o SAD. É possível considerar estes diagramas como requisitos do sistema a implementar. Com os requisitos definidos procedeu-se à especificação e posteriormente à implementação das interfaces desejadas para suportar a utilização por parte do cliente, distribuidor e planeador. No capítulo 5 foram descritos todos os passos realizados para alcançar o pretendido, nomeadamente, os diagramas de casos de uso, os diagramas que representam as possibilidades de navegação correspondentes a cada utilizador até à especificação das tecnologias utilizadas, com a inclusão de um passo intermédio, a elaboração dos *mockups* das interfaces. A arquitetura do sistema e as GUI foram realizadas de modo a facilitarem uma possível alteração quer seja no âmbito da sua aplicação quer ao nível dos atributos a considerar no modelo.

Devido à sua flexibilidade e às suas características inovadoras, o SAD apresenta algumas vantagens, nomeadamente, a possibilidade de tomada de decisões com base em cálculos computacionais

pertencentes ao modelo de otimização anteriormente desenvolvido, o fornecimento de GUI intuitivas e *user-friendly*, o que melhora a experiência dos utilizadores e o facto de este não apresentar custos ao nível de software uma vez que todo o seu desenvolvimento é realizado com base em *open-source software*.

7.2 Perspetiva de Trabalho Futuro

No final, pode-se afirmar que os principais objetivos propostos para esta dissertação foram cumpridos. Contudo, apesar dos aspetos abordados nesta dissertação serem de uma elevada importância, existe ainda uma necessidade de abordar e implementar alguns aspetos a considerar num trabalho futuro.

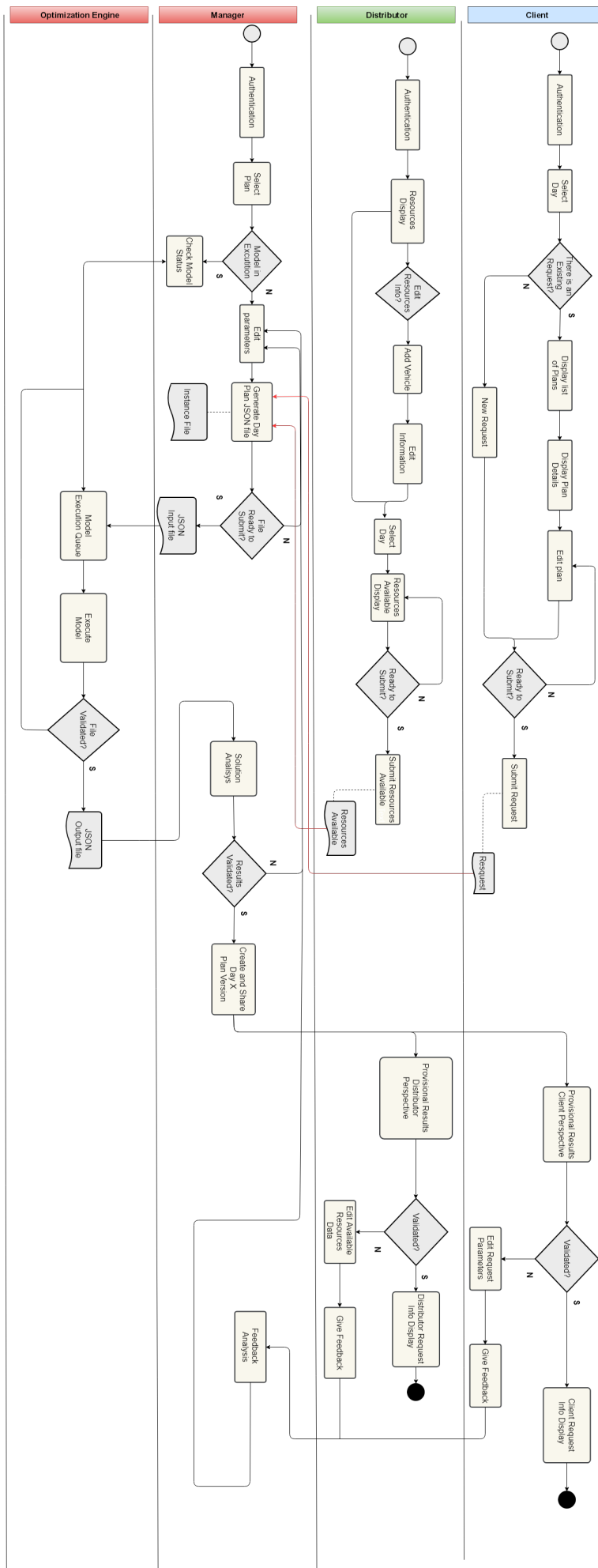
Assim, é possível afirmar que ao nível das interfaces foi realizado maior parte do trabalho pretendido, faltando a implementação de uma GUI que permita ao utilizador visualizar os resultados provenientes do modelo e também a consequente análise de cenários que podem ser obtidos a partir da apresentação dos mesmos.

No futuro, para que o sistema funcione de um modo eficiente e eficaz é necessário que seja implementado o modelo relacional de base de dados. O repositório deve proporcionar ao sistema a capacidade de arquivar todos os dados correspondentes aos tipos de utilizadores bem como os dados correspondentes aos planos, tendo a capacidade de armazenar dados associados a localizações, como exemplo as coordenadas e seus atributos associados.

Quando um sistema é dependente dos dados arquivados é estritamente importante pensar na segurança dos mesmos. Por isso, numa posterior implementação que não seja efetuada a nível local, devem ser efetuadas atividades neste sentido, garantindo a segurança e a integridade do sistema.

Anexo A

Diagrama de Processos



Anexo B

Diagrama Relação de Entidades

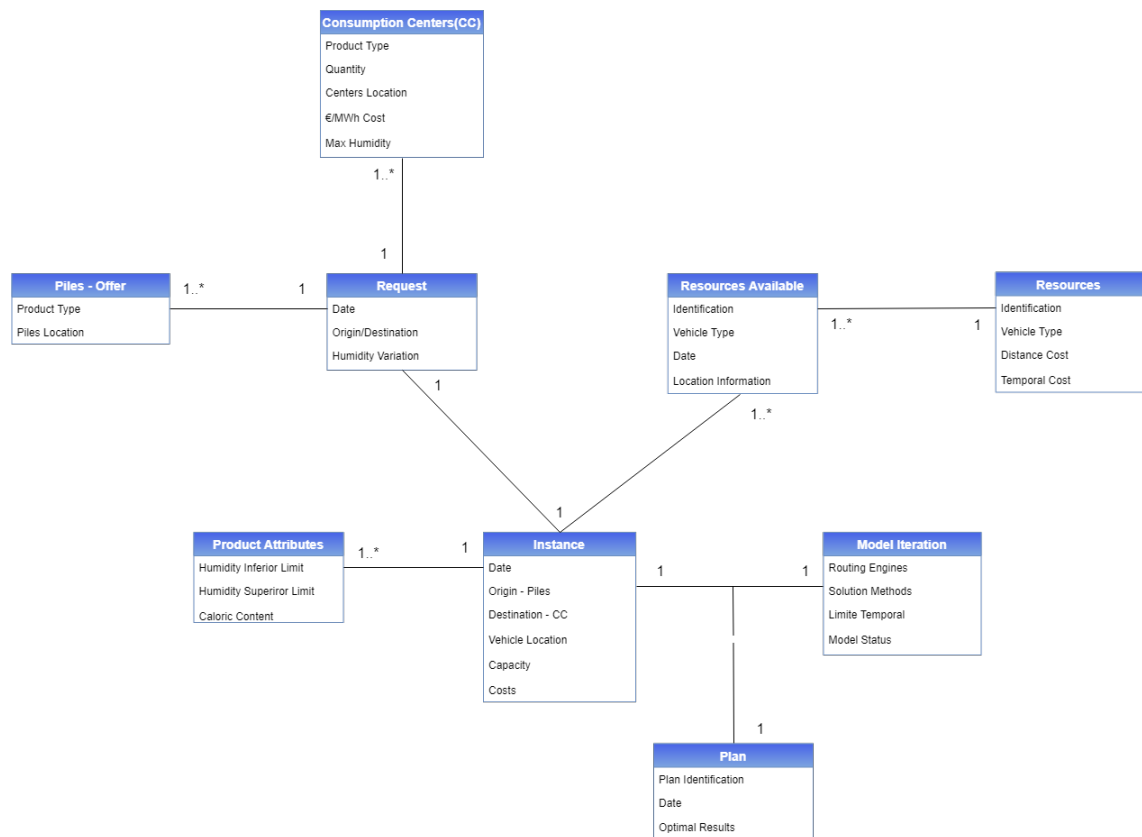
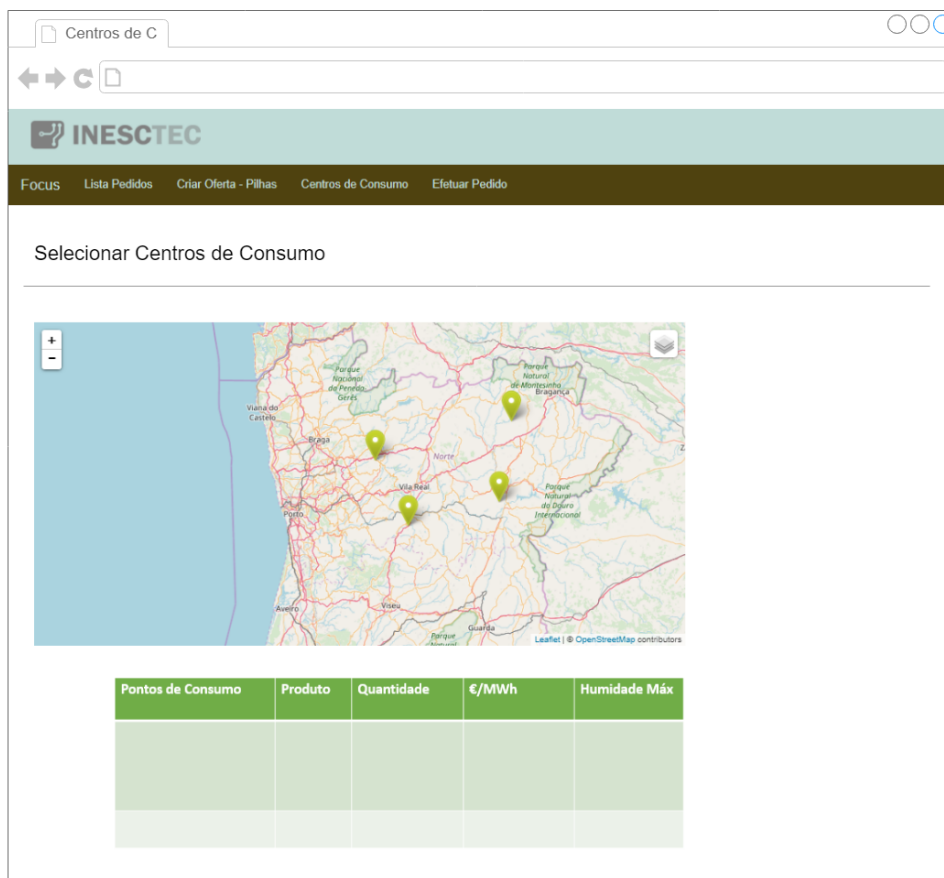
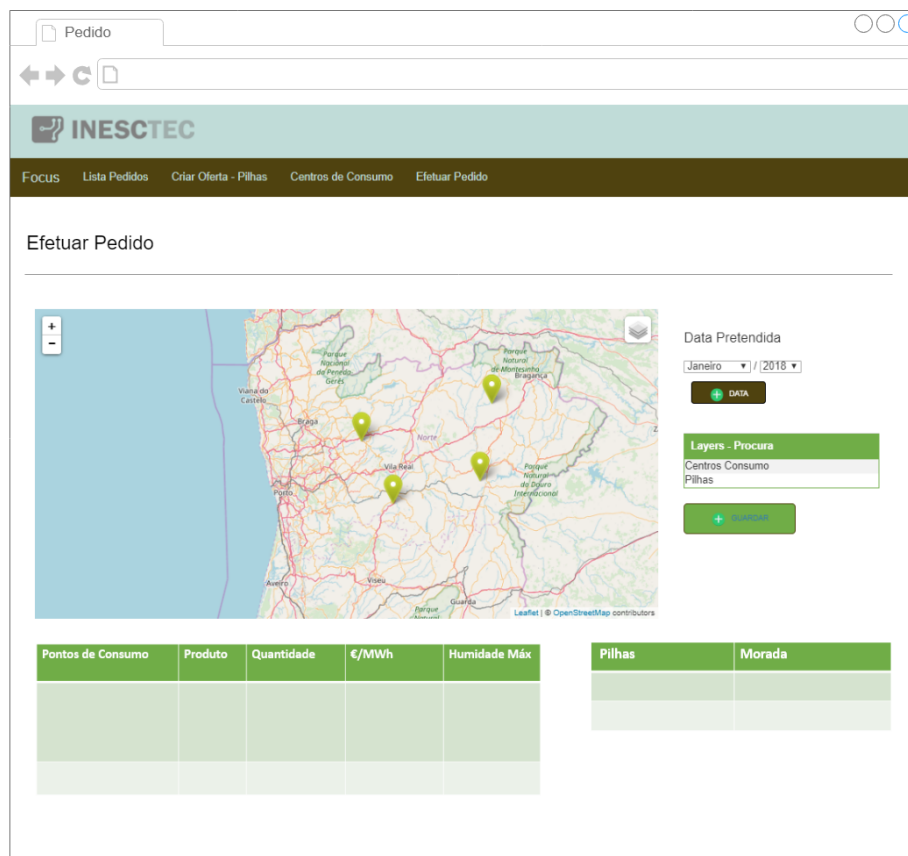


Figura B.1: Diagrama de Relação de Entidades

Mockups



Figura C.2: *Mockup* Cliente - Centros de ConsumoFigura C.3: *Mockup* Cliente - Pedido de Planeamento.

Lista Planos

INESCTEC

FOCUS Lista Pedidos Criar Oferta - Pilhas Centros de Consumo Efetuar Pedido

Planos Pendentes

ID	Data	Estado	Ações
101	Junho	Aguarda Validação de plano	Ver Detalhes
102	Julho	Aguarda Validação de plano	Ver Detalhes
103	Agosto	Aguarda Submissão	Ver Detalhes
104	Setembro	Aguarda Submissão	Ver Detalhes

Planos Concluídos

ID	Data	Estado	Ações
101	Maio	Realizado	Ver Detalhes
102	Abril	Realizado	Ver Detalhes
103	Março	Realizado	Ver Detalhes
104	Fevereiro	Realizado	Ver Detalhes

Figura C.4: Mockup comum a Cliente e Distribuidor - Lista de Pedidos

Recursos de T

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Frota Disponibilidade

Pesquisar por Veículo

☐ Camiónes

☐ Loaders

Pesquisar

Adicionar Veículo

Identificação	Tipo	Capacidade(M3)	Custo Distância (€/Km)	Custo Utilização (€/h)
00-CL-96	Lorries	200m3	1.8€	5€
10-EE-66	Loaders	300m3	1.7€	7€
23-LJ-77	Trucks	400m3	1.5€	8€
23-TT-77	Loader	300m3	1.5€	8€

Figura C.5: Mockup Distribuidor - Lista de Recursos pertencentes ao distribuidor

RecursosDisp

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Frota Disponibilidade

Verificar Disponibilidade de Veículos

Selecionar o dia para realização do serviço:

Junho / 14 / 2018

Pesquisar por Veículo

☐ Camiónes

☐ Loaders

Pesquisar

Submeter

Veículos Disponíveis

Identificação	Tipo	Capacidade	Custo Distância (€/Km)	Custo Temporal (€/Hora)	Check	Custo Fixo (€)
00-CL-96	Lorries	200m3	1.8€	5€	<input type="checkbox"/>	
10-EE-66	Loaders	300m3	1.7€	7€	<input type="checkbox"/>	
23-LJ-77	Trucks	400m3	1.5€	8€	<input type="checkbox"/>	
23-TT-77	Loader	300m3	1.5€	8€	<input type="checkbox"/>	

Figura C.6: Mockup Distribuidor - Lista de Recursos disponíveis para data pretendida

Recursos de T

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Frota Disponibilidade

Identificação

Tipo

☐ Camião

☐ Loader

Capacidade (m3)

Custo Distância (€/Km)

Custo Temporal (€/h)

Adicionar

Voltar

Figura C.7: *Mockup* Distribuidor - Formulário correspondente à adição de veículo.

Recursos de T

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Recursos de Transporte

Mapa de Portugal com marcadores de recursos de transporte.

Layers - Tipo De Veiculo

- Loaders
- Trucks

Veiculo	Capacidade(m3)	Custo Distância (€/Km)	Custo Temporal (€/h)

Figura C.8: *Mockup* Distribuidor - Recursos

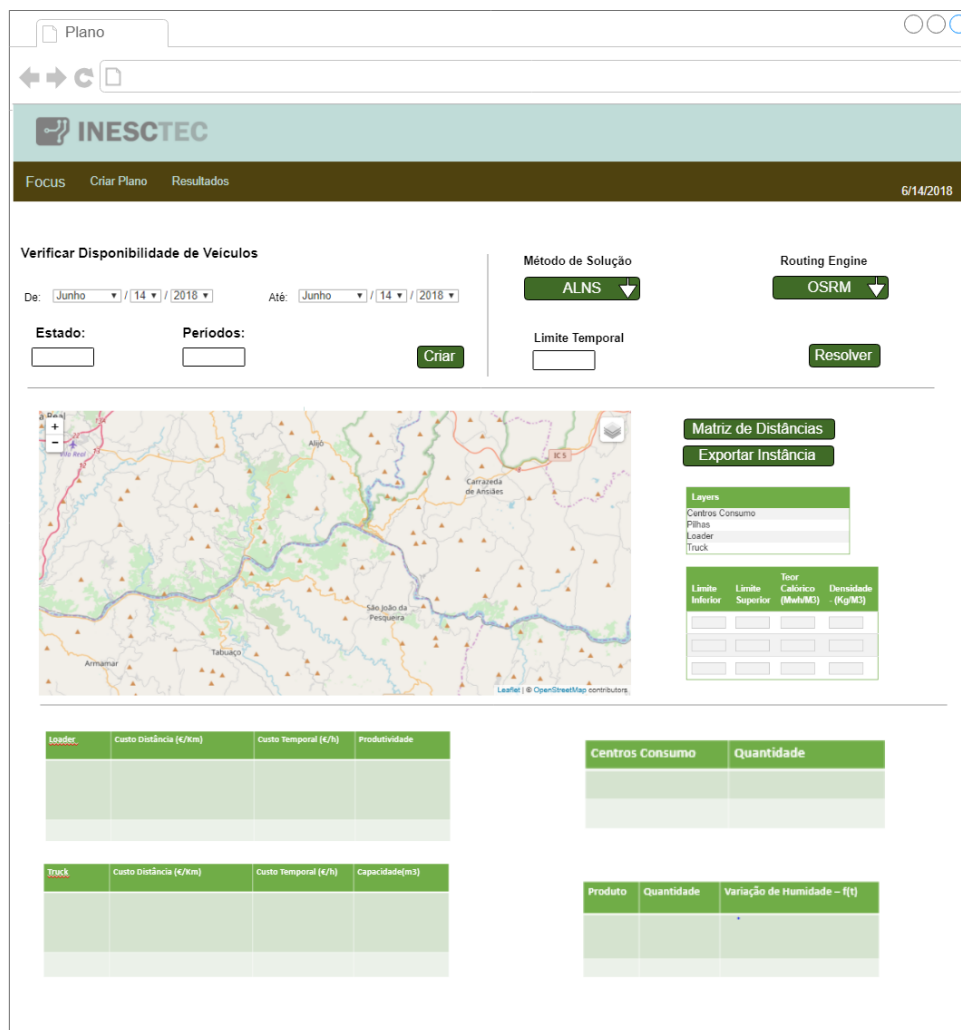


Figura C.9: *Mockup* planeador - Interface de planeamento

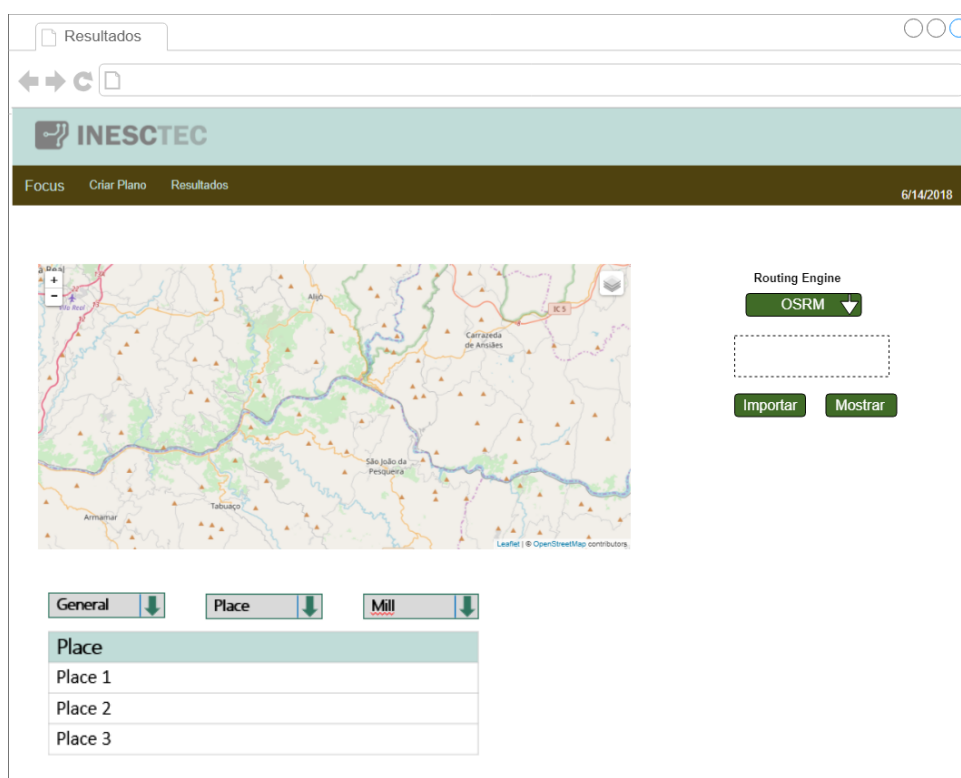
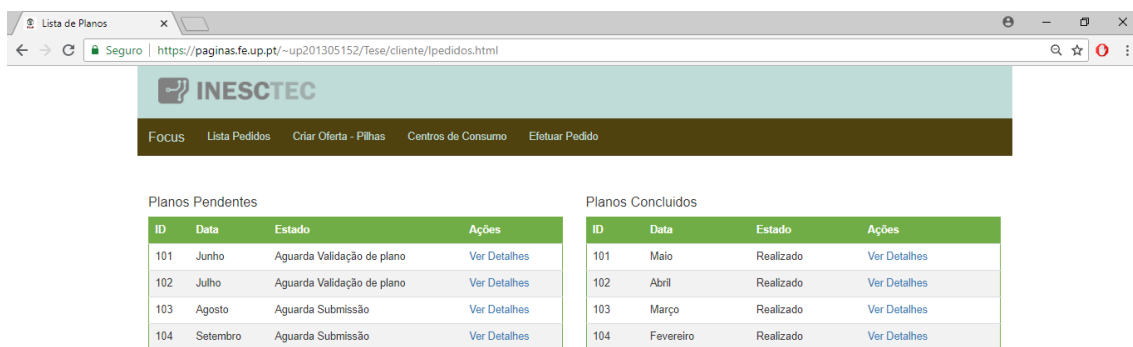


Figura C.10: *Mockup* planejador - Visualização de resultados

Anexo D

Interfaces

D.1 Cliente



Lista de Planos

Seguro | <https://paginas.fe.up.pt/~up201305152/Tese/cliente/lpedidos.html>

INESCTEC

Focus Lista Pedidos Criar Oferta - Pilhas Centros de Consumo Efetuar Pedido

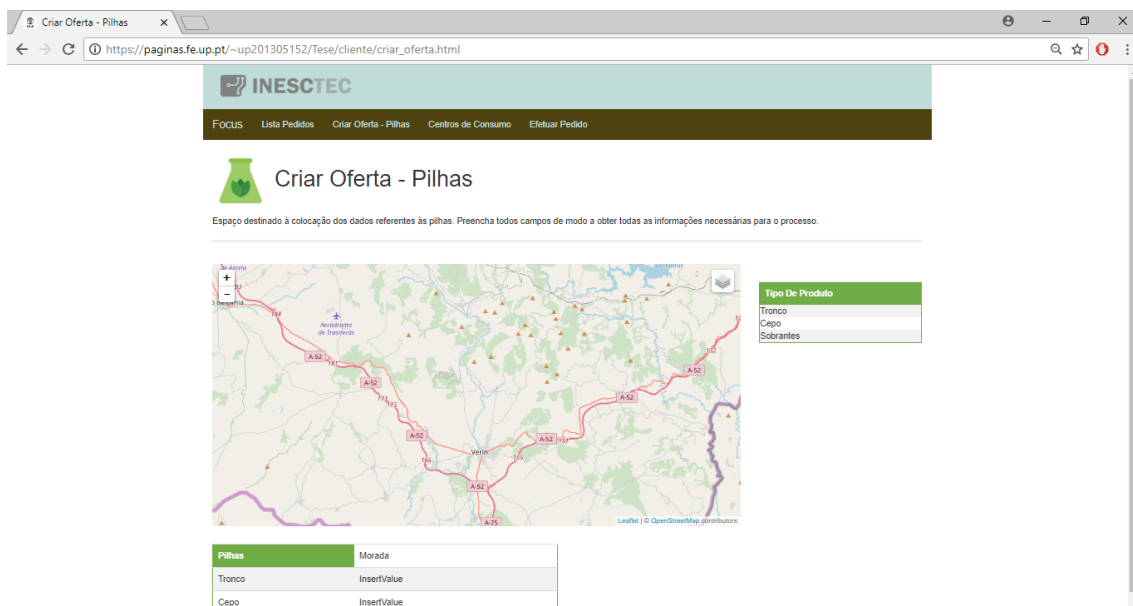
Planos Pendentes

ID	Data	Estado	Ações
101	Junho	Aguarda Validação de plano	Ver Detalhes
102	Julho	Aguarda Validação de plano	Ver Detalhes
103	Agosto	Aguarda Submissão	Ver Detalhes
104	Setembro	Aguarda Submissão	Ver Detalhes

Planos Concluídos

ID	Data	Estado	Ações
101	Maio	Realizado	Ver Detalhes
102	Abril	Realizado	Ver Detalhes
103	Março	Realizado	Ver Detalhes
104	Fevereiro	Realizado	Ver Detalhes

Figura D.1: Interface destinada ao Cliente - Lista de planos



Criar Oferta - Pilhas

Seguro | https://paginas.fe.up.pt/~up201305152/Tese/cliente/criar_oferta.html

INESCTEC

Focus Lista Pedidos Criar Oferta - Pilhas Centros de Consumo Efetuar Pedido

Criar Oferta - Pilhas

Espaço destinado à colocação dos dados referentes às pilhas. Preencha todos campos de modo a obter todas as informações necessárias para o processo.

Tipo De Produto

Tronco
Cepo
Sobrantes

Pilhas	Morada
Tronco	InsertValue
Cepo	InsertValue

Figura D.2: Interface destinada ao Cliente - Submissão de Pontos de Oferta.



Figura D.3: Interface destinada ao Cliente - Submissão de Centros de Consumo

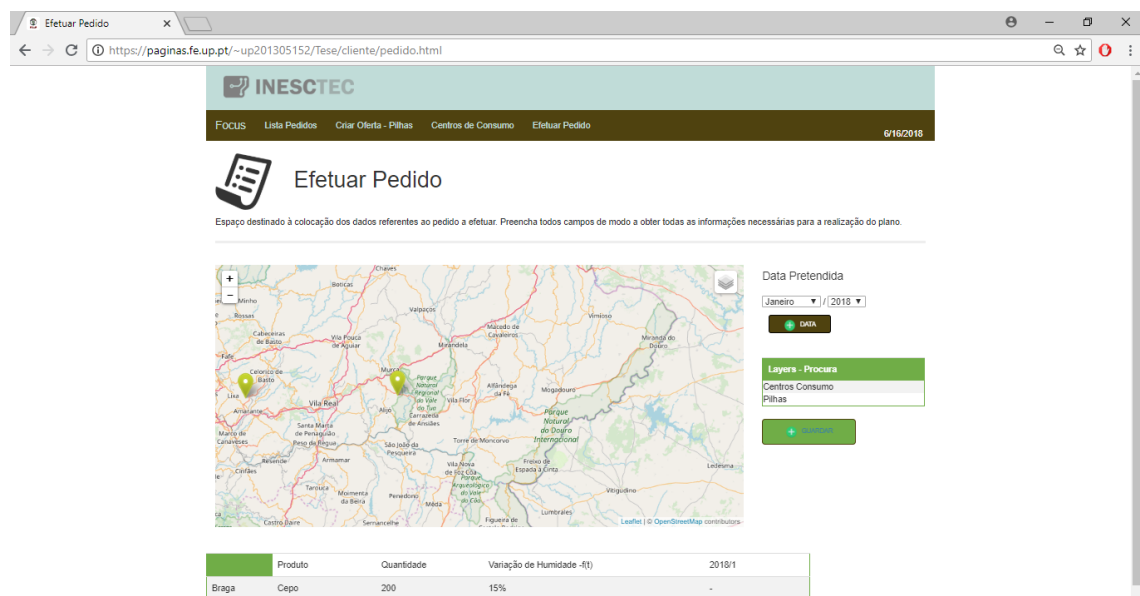


Figura D.4: Interface destinada ao Cliente - Pedido

D.2 Distribuidor

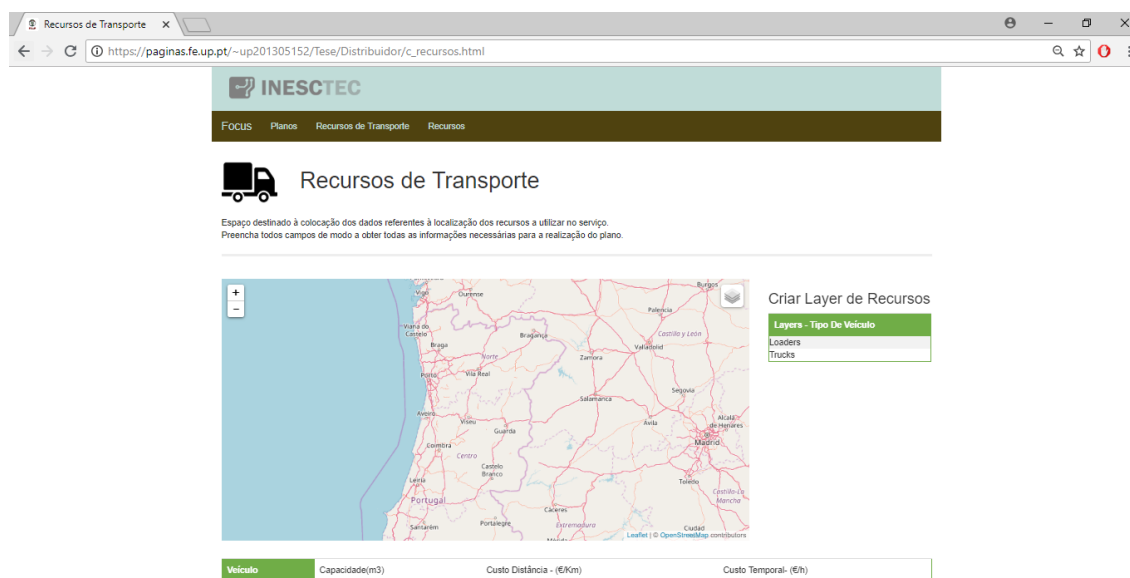


Figura D.5: Interface destinada ao Distribuidor - Submissão de informação relativa aos recursos

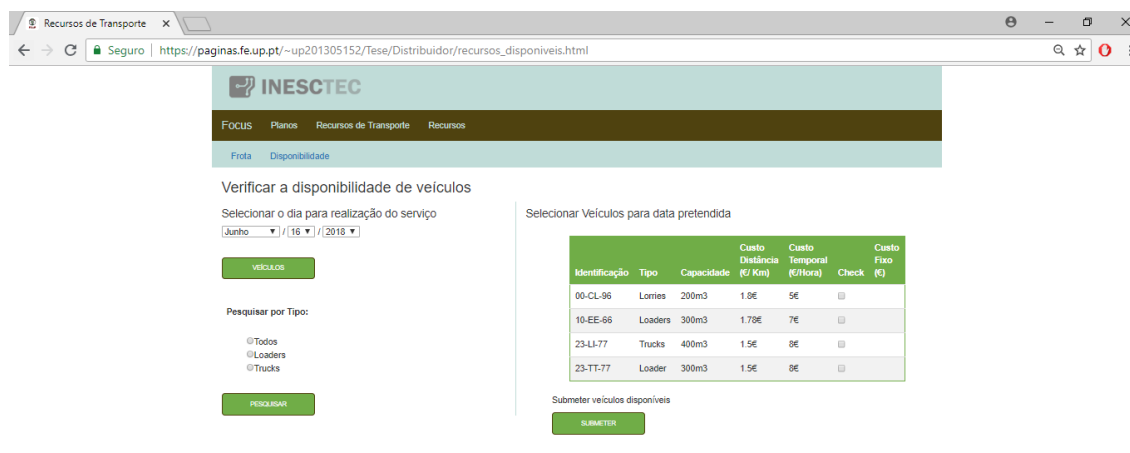


Figura D.6: Interface destinada ao Distribuidor - Submissão dos recursos disponíveis para o planeamento.

Recursos de Transporte

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Frota Disponibilidade

Identificação

Identificação

Tipo

☐ Loaders

☐ Trucks

Capacidade

Custo Distancia - €/Km

Custo Temporal - €/hora

ADICIONAR LIMPAR CAMPOS

ADICIONAR VEICULO A FROTA

Figura D.7: Interface destinada ao Distribuidor - Formulário de adicionar veículo a frota

Recursos de Transporte

INESCTEC

FOCUS Planos Recursos de Transporte Recursos

Frota Disponibilidade

Veículos

Pesquisar por Tipo:

☐ Todos

☐ Loaders

☐ Trucks

PESQUISAR

Identificação	Tipo	Capacidade(M3)	Custo Distancia (€/Km)	Custo Utilização (€/h)
00-CL-66	Lorries	200m3	1.0€	5€
10-EE-66	Loaders	300m3	1.79€	7€
23-LI-77	Trucks	400m3	1.5€	8€
23-TT-77	Loader	300m3	1.5€	8€

ADICIONAR VEICULO A FROTA

Figura D.8: Interface destinada ao Distribuidor - Visualização dos recursos que constituem a frota do distribuidor.

D.3 Planeador

Plano

https://paginas.fe.up.pt/~up201305152/Tese/manager/criar_plano.html

INESCTEC

Focus Criar Plano Resultados 6/16/2018

Criar Plano

De: dd/mm/aaaa Até: dd/mm/aaaa Número de Períodos:

Estado Plano:

Método de Solução: ALNS **Routing Engine:** OSRM v4.x

Limite Temporal:

Oferta
Disponibilidade
Troncos: 22m3
Capo: 10m3
Sobranças: 22m3
[Ver mais detalhes](#)

Procura
Total Pedidos:
Capo:
Sobranças:
[Ver mais detalhes](#)

Transporte
Veículos/Capacidade Total
Loader: 5m3
Truck: 4x200m3
[Ver mais detalhes](#)

Layers

Limite Inferior	Limite Superior	Total Cálculo (MWh/M3)	Densidade (Kg/M3)

Figura D.9: Interface destinada ao Planeador- Criação de Plano

Referências

- [1] Dejian Zhang, Xingwei Chen, e Huaxia Yao. Development of a prototype web-based decision support system for watershed management. *Water (Switzerland)*, 7(2):780–793, 2015. doi:10.3390/w7020780.
- [2] Tao Lin, Shaowen Wang, Luis F. Rodríguez, Hao Hu, e Yan Liu. CyberGIS-enabled decision support platform for biomass supply chain optimization. *Environmental Modelling and Software*, 70:138–148, 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.03.018>, doi:10.1016/j.envsoft.2015.03.018.
- [3] A. F. Marques, J. G. Borges, P. Sousa, e A. M. Pinho. An enterprise architecture approach to forest management support systems design: An application to pulpwood supply management in Portugal. *European Journal of Forest Research*, 130(6):935–948, 2011. doi:10.1007/s10342-011-0482-8.
- [4] Alexandra Marques, Jussi Rasinmäki, Ricardo Soares, e Pedro Amorim. Planning woody biomass supply in hot systems under variable chips energy content. *Biomass and Bioenergy*, 108(November 2017):265–277, 2018. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.016>, doi:10.1016/j.biombioe.2017.11.016.
- [5] M. Brede e H. J.M. De Vries. Harvesting heterogeneous renewable resources: Uncoordinated, selfish, team-, and community-oriented strategies. *Environmental Modelling and Software*, 25(1):117–128, 2010. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.07.007>, doi:10.1016/j.envsoft.2009.07.007.
- [6] Stefan Gold e Stefan Seuring. Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of Cleaner Production*, 19(1):32–42, 2011. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.009>, doi:10.1016/j.jclepro.2010.08.009.
- [7] Keith M Reynolds. Decision-Support Systems in Natural Resource Management. (June 2014), 2008.
- [8] Krishna Teja Malladi, Olivier Quirion-Blais, e Taraneh Sowlati. Development of a decision support tool for optimizing the short-term logistics of forest-based biomass. *Applied Energy*, 216(February):662–677, 2018. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.027>, doi:10.1016/j.apenergy.2018.02.027.
- [9] H.Michael Rauscher. Ecosystem management decision support for federal forests in the United States: A review. *Forest Ecology and Management*, 114(2-3):173–197, 2 1999. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112798003508>, doi:10.1016/S0378-1127(98)00350-8.

- [10] Annelies De Meyer, Monique Snoeck, Dirk Cattrysse, e Jos Van Orshoven. A reference data model to support biomass supply chain modelling and optimisation. *Environmental Modelling and Software*, 83:1–11, 2016. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.007>, doi:10.1016/j.envsoft.2016.05.007.
- [11] T. Packalen, A. Marques, J. Rasinmäki, C. Rosset, F. Mounir, L.C.E. Rodriguez, e S.R. Nobre. Review. A brief overview of forest management decision support systems (FMDSS) listed in the FORSYS wiki. *Forest Systems*, 22(2):263, 2013. URL: <http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/3192>, doi:10.5424/fs/2013222-03192.
- [12] Annika Kangas, Timo Tokola, Jussi Rasinmäki, Antti Mäkinen, Timo Pekkonen, e Jouni Kalliovirta. *SIMO - Adaptable Simulation and Optimization for Forest Management Planning*, volume 1. 2008.
- [13] a F Marques, a Ficko, Annika Kangas, C Rosset, F Ferreti, e Jussi Rasinmaki. Empirical guidelines for forest management decision support systems based on the past experiences of the expert's community. *Forest Systems*, 22(2):320–339, 2013.
- [14] Alexandra Marques. Marques_et_al_2013_SJFR_Wiki.pdf. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2013.
- [15] William B. Mykityshyn, Mark G. I Rouse. Supporting strategic enterprise processes: An analysis of various architectural frameworks. *Information Knowledge Systems Management*, 6(Work, Workflow, Information Systems and Enterprise Transformation):145 – 175, 2007.
- [16] Maria Antónia; Oliveira José Fernando; Brito Oliveira, Beatriz; Carravilha. Fleet and revenue management in car rental companies: A literature review and an integrated conceptual framework. *Omega*, 71:11–26, 2017.
- [17] José António Faria. Introduction to Process Thinking MIEEC-FEUP. 2017.
- [18] Renato Fileto (INE/CTC/UFSC). O Modelo Entidade-Relacionamento, 2006. URL: <http://www.inf.ufsc.br/~r.fileto/Disciplinas/INE5423-2010-1/Aulas/02-MER.pdf>.
- [19] John E. Mitchell. Branch-and-Cut Algorithms for Combinatorial Optimization Problems. *Handbook of Applied Optimization*, páginas 65–77, 2002. doi:10.1007/s10288-005-0052-3.
- [20] Shaowen Wang, Marc P. Armstrong, Jun Ni, e Yan Liu. GISolve: A grid-based problem solving environment for computationally intensive geographic information analysis. *Proceedings - Challenges of Large Applications in Distributed Environments, CLADE 2005*, 2005:3–12, 2005. doi:10.1109/CLADE.2005.1520892.
- [21] Vladimir Agafonkin. Leaflet - an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps, 2017. URL: <https://leafletjs.com/index.html>.
- [22] Shifeng Zhang e Steve Goddard. A software architecture and framework for Web-based distributed Decision Support Systems. *Decision Support Systems*, 43(4):1133–1150, 2007. doi:10.1016/j.dss.2005.06.001.
- [23] Web technology for developers, 2018. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web>.

- [24] Kirill Fakhroutdinov. No Title, 2010. URL: <https://www.uml-diagrams.org/use-case-diagrams.html>.
- [25] Diagramas de Navegação. URL: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/pt-br/SSRTLW_8.5.5/com.ibm.xtools.topicbrowse.doc/topics/cbrowse.html.